



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO
DE FÚTBOL

Alumno: Marcos Herrero Laborda

Tutor: Francisco Javier Domínguez Equiza

Tudela, 24 de Abril 2012



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE
FÚTBOL

DOCUMENTO MEMORIA

Marcos Herrero Laborda

Francisco Javier Domínguez Equiza

Tudela, 24 de Abril de 2012



ÍNDICE

CAPÍTULO 1.1. INTRODUCCIÓN	7
CAPÍTULO 1.2. OBJETO DEL PROYECTO	9
CAPÍTULO 1.3. ANTECEDENTES.....	10
CAPÍTULO 1.4. DATOS DE PARTIDA.....	12
1.4.1 UBICACIÓN.....	12
1.4.2 DIMENSIONES DE UN ESTADIO DE BALOMPIÉ.....	15
1.4.3 CAPACIDAD.....	18
1.4.4 ORDENANZAS MUNICIPALES	18
CAPÍTULO 1.5. NORMAS Y REFERENCIAS	20
1.5.1 NORMATIVA APLICABLE	20
1.5.2 PROGRAMAS DE CÁLCULO	21
CAPÍTULO 1.6. TRABAJOS PREVIOS; PREPARACIÓN DEL TERRENO	22
1.6.1 CARACTERÍSTICAS Y RESISTENCIA DEL TERRENO Y LA CONSTRUCCIÓN.....	22
1.6.2 PREPARACIÓN DEL TERRENO	22
1.6.2.1 Preparación de la zona de obra	22
1.6.2.2 Explanación y compactación del terreno.....	23
1.6.2.3 Excavación para elementos de cimentación	23
CAPÍTULO 1.7. CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA.....	25
1.7.1 CARACTERÍSTICAS DEL ESTADIO	25
1.7.1.1 Disposición de las gradas	25
1.7.1.2 Tipos de gradas	26
1.7.1.3 Tipos de pórticos.....	30
1.7.1.4 Distribución de pórticos porta-gradas.....	38
1.7.1.5 Distribución de accesos	46
1.7.1.6 Cimentación	48
1.7.1.7 Barandillas	50
1.7.1.8 Escalones	52



1.7.1.9 Asientos	55
1.7.1.10 Accesos y localidades para discapacitados físicos	55
1.7.2 CARACTERÍSTICAS DE LA CUBIERTA.....	57
1.7.2.1 Geometría de la estructura	57
1.7.2.2 Cimentación	63
1.7.2.3 Perfiles	64
1.7.2.4 Materiales	67
1.7.2.5 Nudos.....	68
1.7.2.6 Pandeo.....	71
1.7.2.7 Deformada	73
1.7.2.8 Agrupación de barras.....	73
1.7.2.9 Fabricación de barras	95
1.7.2.10 Material de cubrición	98
CAPÍTULO 1.8. METODOLOGÍA DE CÁLCULO.....	104
1.8.1 METODOLOGÍA DE CÁLCULO Y OPTIMIZACIÓN DE LA CUBIERTA.....	104
1.8.2 METODOLOGÍA DE DISEÑO, CÁLCULO Y OPTIMIZACIÓN DE LOS PÓRTICOS DE HORMIGÓN ARMADO	105
CAPÍTULO 1.9. RESULTADOS DEL CÁLCULO.....	109
1.9.1 RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LA CUBIERTA METÁLICA	109
1.9.1.1 Barras metálicas	109
1.9.1.2 Zapatas	110
1.9.2 RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LOS PÓRTICOS DE HORMIGÓN ARMADO.....	111
1.9.2.1 Pórticos de hormigón armado	111
1.9.2.2 Elementos de sustentación de los pórticos de hormigón armado	112
1.9.2.3 Módulos	113



ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1 – Estadio José Antonio Elola	7
Figura 2 – Gráfica de evolución demográfica de Tudela de 1900 a 2010	10
Figura 3 – Localización del estadio	12
Figura 4 – Características de la principal parcela a edificar	13
Figura 5 – Localización y forma de las parcelas a edificar	14
Figura 6 – Características de la parcela secundaria	15
Figura 7 – Dimensiones y elementos del terreno de juego	17
Figura 8 – Distancias de seguridad respecto al terreno de juego (dimensiones en m)	18
Figura 9 – Disposición de los graderíos	25
Figura 10 – Características de la viga prefabricada de la serie GN 80	27
Figura 11 – Características de la viga prefabricada de la serie GN 85	27
Figura 12 – Características de la viga prefabricada de la serie GN 90	28
Figura 13 – Sección de la viga prefabricada (dimensiones en mm)	29
Figura 14 – Geometría de la viga inclinada del pórtico porta-gradas (dimensiones en cm)	30
Figura 15 – Pórtico porta-gradas predimensionado (dimensiones en mm)	33
Figura 16 – Pórtico de entrada predimensionado (dimensiones en mm)	34
Figura 17 – Pórtico de entrada especial predimensionado (dimensiones en mm)	35
Figura 18 – Pórtico de entrada especial trasero predimensionado (dimensiones en mm)	36
Figura 19 – Tipología de uniones en un pórtico porta-gradas	37
Figura 20 – Tipología de uniones en un pórtico de entrada especial trasero	38
Figura 21 – Distribución de pórticos porta-gradas en gradas rectas (dimensiones en m)	40
Figura 22 – Viga curva	41
Figura 23 – Distribución completa de los pórticos porta-gradas (dimensiones en m)	43
Figura 24 – Configuración de los graderíos	44



Figura 25 – Sección de la placa de remate (dimensiones en mm).....	45
Figura 26 – Sección del antepecho (dimensiones en mm)	45
Figura 27 – Distribución de accesos	48
Figura 28 – Zapata del pilar del pórtico de entrada.....	50
Figura 29 – Configuración y dimensiones de la barandilla (dimensiones en cm)..	51
Figura 30 – Disposición de la barandilla respecto al graderío (dimensiones en cm)	52
Figura 31 – Dimensiones del escalón (dimensiones en mm)	53
Figura 32 – Distribución de los escalones (dimensiones en mm)	54
Figura 33 – Características de los itinerarios accesibles	56
Figura 34 – Parámetros climáticos en Tudela entre 1986 y 2009	58
Figura 35 – Vista general de la cubierta metálica	59
Figura 36 – Cercha de Pratt.....	60
Figura 37 – Pórtico de la cubierta metálica (dimensiones en m).....	61
Figura 38 – Techo de la cubierta metálica (dimensiones en m)	62
Figura 39 – Plano trasero de la cubierta metálica	63
Figura 40 – Disposición de las zapatas de la cubierta metálica	64
Figura 41 – Distribución de perfiles.....	66
Figura 42 – Comparativa entre perfiles HEB 100 y HEA 100.....	67
Figura 43 – Detalle de un nudo de cordón	69
Figura 44 – Detalle de un nudo de esquina	70
Figura 45 – Detalle de un nudo de apoyo	71
Figura 46 – División de barras de un pórtico según su fabricación	96
Figura 47 – División en partes de un pórtico según transporte	97
Figura 48 – Chapa trapezoidal de la gama Trapeza (dimensiones en mm).....	99
Figura 49 – Pendientes de cubiertas inclinadas según CTE	100
Figura 50 – Sobrecargas para chapas trapezoidales en función de la luz	101
Figura 51 – Espesor de chapas según el CTE.....	101
Figura 52 – Recorrido del canalón	102
Figura 53 – Detalle constructivo del canalón.....	103



Figura 54 – Módulos presentes en el estadio.....	113
Figura 55 – Módulo recto de 8 m	114
Figura 56 – Módulo recto de 8 m con entrada.....	115
Figura 57 – Módulo recto de 7 m	116
Figura 58 – Módulo recto de 7 m con entrada.....	117
Figura 59 – Módulo curvo.....	118
Figura 60 – Módulo curvo con entrada.....	119



CAPÍTULO 1.1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día un estadio de fútbol conforma un tipo de estructura en absoluto extraña dentro del panorama urbanístico del país. Y es que la proliferación de este tipo de complejos deportivos se vio favorecida desde muy pronto por la gran acogida que tuvo el deporte rey dentro de nuestras fronteras.

Este proyecto trata del diseño estructural de un estadio de fútbol en la ciudad de Tudela. Abordar dicho trabajo no responde a carencias de espacio (falta de plazas) o de comodidad (principales defectos de los estadios de fútbol) en el actual recinto, sino al envejecimiento del mismo. En el caso del estadio José Antonio Elola, la estructura puede presumir de haber sobrepasado la barrera de las cuatro décadas de existencia, por lo que se acerca a una edad cercana al medio siglo de vida, que marca el declive de este tipo de construcciones.

A continuación se muestra una instantánea del actual estadio:



Figura 1 – Estadio José Antonio Elola



El actual estadio dispone de capacidad para 13.000 personas, cifra muy respetable para un equipo que nunca ha llegado más allá de Segunda División B, sin embargo, esta gran capacidad no impidió que el complejo se llenara con ocasión de un partido contra el Club Atlético Osasuna. Sus principales deficiencias son la falta de localidades cubiertas y la mala visibilidad en las gradas de fondo, demasiado alejadas del terreno de juego. Estos defectos han sido tenidos en cuenta en la elaboración del proyecto, de tal forma que se ha disminuido la distancia de las tribunas de fondo al terreno de juego y se ha cubierto toda la grada de preferencia y no solo la parte central de la misma. En cuanto a su estructura, el estadio está construido a base de pórticos de hormigón encargados de sustentar los graderíos.



CAPÍTULO 1.2. OBJETO DEL PROYECTO

Como ya se ha referido anteriormente de forma sucinta, el objeto del presente Proyecto Final de Carrera es realizar el diseño estructural, cálculo y optimización de un estadio de balompié, o más concretamente, de la estructura conformada por todos los pórticos de hormigón, vigas, gradas y la cubierta metálica. No se abordará el diseño de los vestuarios, sala de botiquín, aseos, etcétera... por no pertenecer a la estructura sustentadora de la construcción.

El desarrollo de este proyecto se apoyará principalmente en la potente herramienta informática de cálculo de estructuras CYPE.

Lo que se persigue con la realización del proyecto es el aprendizaje de los siguientes puntos:

- Diseño estructural y optimización de pórticos de hormigón, así como de los elementos que pueden componerlos, tales como pilares y vigas inclinadas.
- Diseño estructural y optimización de una cubierta de barras metálicas.
- Elección del sistema de gradas de un estadio de balompié.
- Identificar todas las cargas actuantes sobre una estructura de geometría compleja y aplicarlas correctamente sobre la misma.
- Manejo avanzado del programa CYPE, concretamente de los módulos CYPECAD y Nuevo Metal 3D.
- Correcta interpretación de los resultados aportados por el programa informático con el objetivo de optimizar las estructuras en función de dichos resultados.

CAPÍTULO 1.3. ANTECEDENTES

El crecimiento demográfico de la localidad de Tudela nunca se ha visto interrumpido desde hace más de un siglo. Así lo atestigua la gráfica que sigue a estas líneas, basada en los datos publicados por el Instituto Español de Estadística (INE).

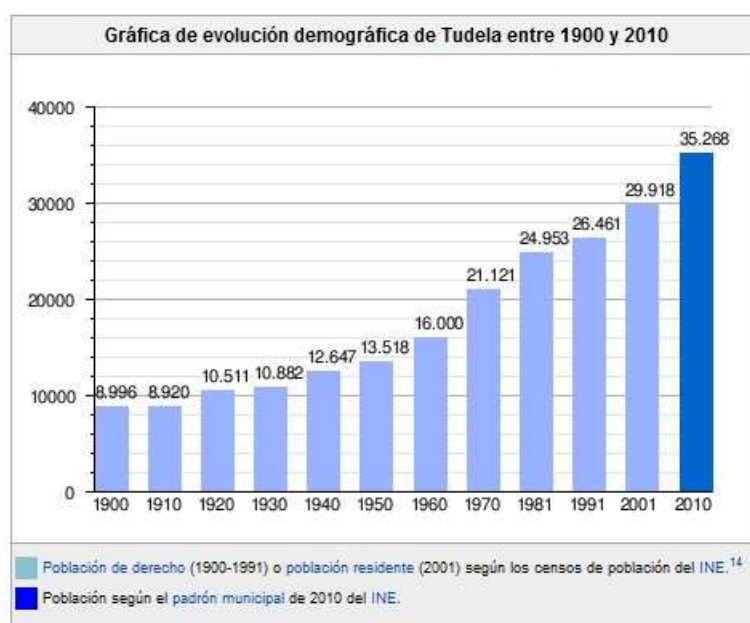


Figura 2 – Gráfica de evolución demográfica de Tudela de 1900 a 2010

Como se puede ver, la población de la ciudad allá por el año 1969 (año de la inauguración del actual estadio) era de 21000 personas aproximadamente, mientras que hoy en día el censo casi se ha doblado. Tal incremento sugiere la necesidad de un campo más grande.

Sin embargo, y como ya se dijo antes, el tamaño del estadio no es el mayor problema del mismo, sino la gran distancia desde las tribunas de fondo hasta el terreno de juego (sobre todo teniendo en cuenta que el estadio está destinado a



las divisiones de Tercera o Segunda B y que no cuenta con cancha de atletismo), y el bajo número de localidades cubiertas (con los problemas de incomodidad que esto produce a los espectadores en caso de inclemencias meteorológicas).

Por otro lado, el Club Deportivo Tudelano puede presumir del dudoso honor de haber jugado la promoción de ascenso a Segunda División B (sin éxito) durante cinco años seguidos (los últimos 5 años), es decir, durante las temporadas 2006-07, 2007-08, 2008-09, 2009-10 y 2010-11. Estos resultados sugieren un temprano ascenso a la categoría de bronce del fútbol nacional, lo cual indudablemente acarreará una mayor afluencia de público al estadio.

Por todo lo expuesto anteriormente parece lógico afirmar que el Club Deportivo Tudelano precisa de una reforma del campo de fútbol José Antonio Elola o, en su defecto, de la construcción de un nuevo recinto deportivo, que es de lo que trata el presente proyecto.

CAPÍTULO 1.4. DATOS DE PARTIDA

1.4.1 UBICACIÓN

Como ya se ha dicho anteriormente, el estadio estará situado en el término municipal de Tudela, localidad enclavada en la comarca de La Ribera Navarra y situada a 94 km de la capital de la Comunidad Foral de Navarra, Pamplona. El estadio se ubicará concretamente en la Avenida de la Merindades, en el mismo lugar en el que se encuentra el estadio actualmente.

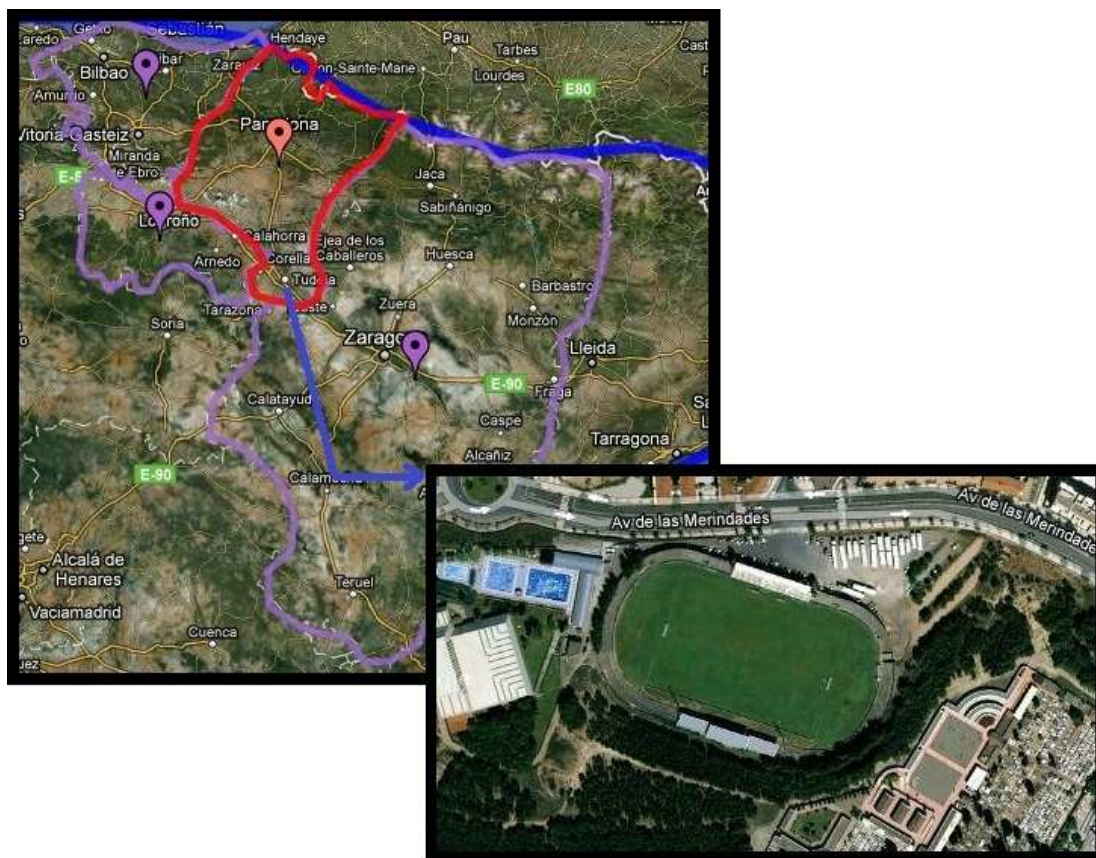


Figura 3 – Localización del estadio



La parcela utilizada para la construcción es la número 344 del polígono 4. Es una parcela urbana que cuenta con dos subparcelas rústicas, su área total es de 31.947,44 m².

A continuación se muestra el cuadro informativo completo facilitado por el Registro de la Riqueza Territorial – Catastro de Navarra.

Registro de la Riqueza Territorial - Catastro de Navarra

Consulta de referencia catastral

Municipio: TUDELA (232)
Polígono: 4
Parcela: 344
Paraje: TUDELA
Superficie: 31.947,44 m²

----- Opciones para la Parcela ----- ▼

Subáreas

Subárea	Calle	Portal	
1	AV.MERINDADES	19	Ver Unidades

Subparcelas rústicas

Subparcela	Tipo de Tierra	Cultivo	Clase	Superficie (m ²)
B	FORESTAL-PASTOS	PINAR	300	3.438,31
C	FORESTAL-PASTOS	PINAR	300	2.358,86

Gobierno de Navarra

Figura 4 – Características de la principal parcela a edificar

En la siguiente imagen se puede apreciar la geometría exacta de la parcela 344 (junto con sus dos subparcelas rústicas “B” y “C”) del polígono 4 de la localidad Navarra de Tudela.

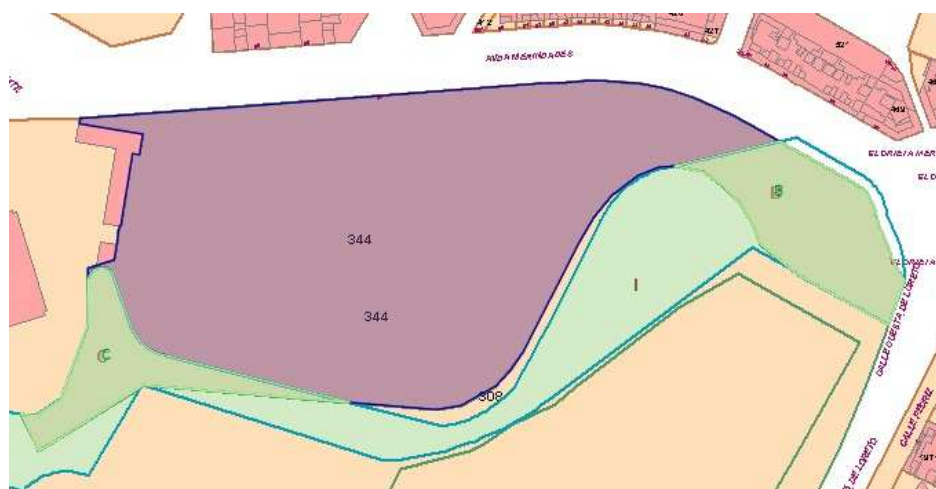


Figura 5 – Localización y forma de las parcelas a edificar

Sin embargo, debido a las dimensiones del nuevo estadio (superiores a las del actual) será necesaria la utilización de la parcela 308, limítrofe con la parcela 344 y cuyos datos catastrales son los que siguen:



Consulta de referencia catastral

Municipio: TUDELA (232)

Poligono: 4

Parcela: 308

Paraje: Rabosales

Superficie: 254.415,41 m²

----- Opciones para la Parcela ----- ▼

Subáreas

Subárea	Calle	Portal	
1	AV.TARAZONA	S/N	Ver Unidades
2	DS.DISEMINADO	S/N	Ver Unidades
3	DS.DISEMINADO	S-P	Ver Unidades

Subparcelas rústicas

Subparcela	Tipo de Tierra	Cultivo	Clase	Superficie (m ²)
D	FORESTAL-PASTOS	PASTOS	300	34.906,03
E	FORESTAL-PASTOS	PASTOS	300	47.860,34
F	CONSTRUCCION	CONSTRUCCION	0	57,00
G	FORESTAL-PASTOS	PINAR	300	33.638,25
H	FORESTAL-PASTOS	PINAR	300	99.359,60
I	FORESTAL-PASTOS	PINAR	300	6.871,23
J	CONSTRUCCION	CONSTRUCCION	0	37,84
K	CONSTRUCCION	CONSTRUCCION	0	10,63

Figura 6 – Características de la parcela secundaria

Concretamente, los terrenos de la parcela 308 que requieren ser utilizados son los correspondientes a la zona urbana de la misma y los de la subparcela rústica I.

1.4.2 DIMENSIONES DE UN ESTADIO DE BALOMPIÉ

Según la FIFA (Federación Internacional de Fútbol Asociación), organismo que gobierna las federaciones de balompié de todo el mundo y responsable de las modificaciones de las reglas de juego, las dimensiones del terreno de juego de un estadio de fútbol deben ajustarse a lo que sigue:

El largo del campo puede tener las siguientes dimensiones:

- 100 metros como mínimo.



- 105 metros como distancia idónea.
- 110 metros como máximo.

El ancho del campo puede tener las siguientes dimensiones:

- 64 metros como mínimo.
- 68 metros como distancia idónea.
- 75 metros como máximo.

Las medidas anteriores se aplican en campos destinados a albergar competiciones oficiales e indican únicamente las dimensiones del terreno de juego, no el ancho de las bandas, o sea, el espacio que hay entre el campo y las gradas, que ha de ser como mínimo de 1,5 metros y sin un máximo fijo, aunque la FIFA recomienda distancias de seguridad de hasta 10 metros para los estadios que acogen partidos internacionales. Como en el presente proyecto se está dimensionando un campo en el que se jugarán partidos de Segunda División B o Tercera División, y las posibilidades de albergar competiciones internacionales son nulas, se ha optado por unas distancias intermedias entre los límites del terreno de juego y las gradas, concretamente de seis metros tanto para los laterales como para los fondos. En cuanto a las medidas del terreno de juego, se han elegido las consideradas idóneas, es decir, 105 metros de largo por 68 de ancho, pues es lo recomendado por la FIFA y además no hay impedimentos de tamaño que obliguen a decantarse por medidas más pequeñas. Escoger dimensiones más grandes tampoco sería adecuado ya que encarecería innecesariamente el proyecto puesto que habría que aumentar el perímetro de grada, con el consiguiente aumento de coste que esto implicaría.

En la siguiente imagen quedan definidas las dimensiones escogidas para el terreno de juego, también se nombran brevemente a modo informativo todos los elementos que lo componen:



Figura 7 – Dimensiones y elementos del terreno de juego

Respecto a las vallas de publicidad a pie de campo (caso de haberlas) se colocarán a una distancia de 3 metros desde la línea de fondo (la FIFA recomienda un mínimo de 2 metros de distancia respecto a las líneas de contorno de campo en el caso de los laterales), teniendo los linieros y futbolistas suficiente espacio para circular o para frenar en caso de sobrepasar los límites del terreno de juego tras una carrera. En el caso de los fondos, las vallas también se situarán a 3 metros de distancia respecto a la línea de fondo, ya que las porterías requieren como mínimo 2 metros de profundidad más allá de la línea de fondo para poder asentar los soportes que sustentan las redes. De esta forma quedan otros tres metros entre las vallas de publicidad y el comienzo de la grada tanto en el caso de los laterales como en el de los fondos. Dicho espacio es suficiente para dar cabida a los banquillos y para permitir la circulación de los recogepeletas y de los jugadores que estén realizando ejercicios de calentamiento.



Bajo estas líneas se incluye una instantánea en la que aparecen reflejadas de forma esquemática las distancias entre las líneas del campo, la valla publicitaria y el comienzo de la grada:

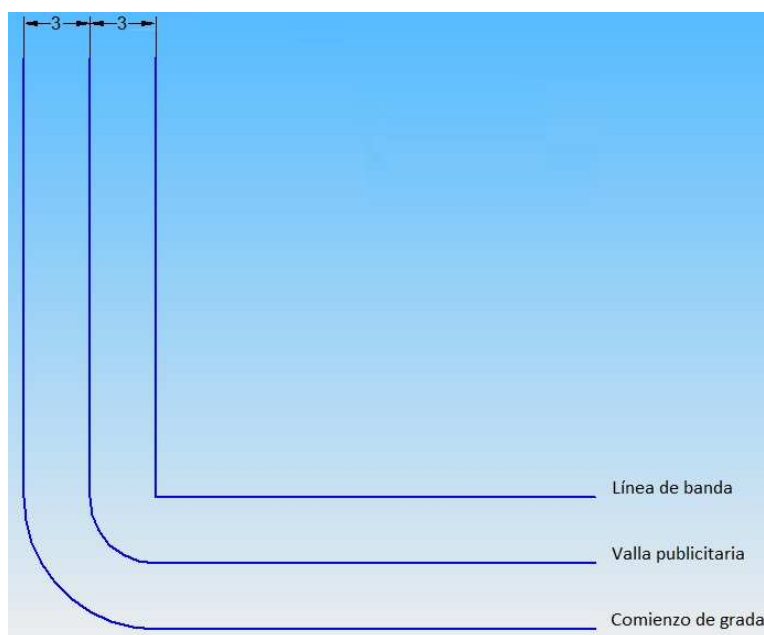


Figura 8 – Distancias de seguridad respecto al terreno de juego (dimensiones en m)

1.4.3 CAPACIDAD

El estadio debe contar con 13.000 localidades. Se ha considerado esta cifra como la adecuada a partir de los análisis y consideraciones que se han realizado previamente en la sección “Antecedentes” (capítulo 1.3)

1.4.4 ORDENANZAS MUNICIPALES

El presente proyecto no se ve afectado por ninguna ordenanza municipal, pues todas las referidas al ámbito urbanístico atañen únicamente a construcciones del



casco antiguo, tales como bares, comercios, etcétera... pero no al tipo de terreno sobre el que se va a edificar el estadio.



CAPÍTULO 1.5. NORMAS Y REFERENCIAS

1.5.1 NORMATIVA APLICABLE

La normativa en función de la cual se ha desarrollado el presente proyecto es la correspondiente al Código Técnico de la Edificación (CTE), que agrupa a las normativas encargadas de regular la construcción de edificios en España desde el año 2006. En dicho código aparecen fijados los requisitos de habitabilidad y seguridad de las construcciones definidos por la Ley de Ordenación de la Edificación (LOE).

Pese a no estar integrada dentro del CTE, también se ha desarrollado el proyecto atendiendo a las normativas dictadas por la Instrucción Española del Hormigón Estructural (EHE), debido a que éstas también se encuentran vigentes actualmente en nuestro país.

Concretamente, los documentos que se han utilizado en el presente proyecto son los siguientes:

- CTE DB SE-AE. Código Técnico de la Edificación. Documento Básico. Seguridad Estructural. Acciones en la Edificación.
- CTE DB SE-C. Código Técnico de la Edificación. Documento Básico. Seguridad Estructural. Cimientos.
- CTE DB SE-A. Código Técnico de la Edificación. Documento Básico. Seguridad Estructural. Aceros.
- CTE DB SI. Código Técnico de la Edificación. Documento Básico. Seguridad en caso de incendio.



- CTE DB-SUA. Código Técnico de la Edificación. Seguridad de Utilización y Accesibilidad.
- CTE DB HS. Código Técnico de la Edificación. Documento Básico. Salubridad.
- EHE-08. Instrucción Española del Hormigón Estructural.

1.5.2 PROGRAMAS DE CÁLCULO

Como principal herramienta de computación se utilizará el programa CYPE, un programa de cálculo de estructuras desarrollado por la compañía CYPE Ingenieros, S.A.

La elección de CYPE como herramienta informática de trabajo se basa en su mejor relación potencia/sencillez respecto a sus competidoras, tales como Tricalc, ESwin, MIDAS, SAP2000, ROBOT, ETABS, CIVILFEM o SOFISTIK. Además, CYPE es la principal herramienta de cálculo de estructuras de que dispone la UPNA.

Para realizar todo tipo de bocetos, esquemas gráficos o croquis se utilizará el programa parametrizado de diseño asistido por ordenador Solid Edge, desarrollado por la empresa Siemens PLM Software.

Al no tratarse la correspondiente a este proyecto de una geometría compleja, se ha considerado ideal la opción de Solid Edge, un programa sencillo pero no limitado en cuanto a sus prestaciones. No sería lógico elegir un programa más potente para trabajar con una geometría como la de un estadio de fútbol, que carece de formas complicadas o muy diversas.



CAPÍTULO 1.6. TRABAJOS PREVIOS; PREPARACIÓN DEL TERRENO

1.6.1 CARACTERÍSTICAS Y RESISTENCIA DEL TERRENO Y LA CONSTRUCCIÓN

Puede determinarse la naturaleza del subsuelo mediante el uso de ensayos de penetración y sondeos, pero se admite que el terreno esta formado por tierra semidensa a la que se le asigna una resistencia de 0,2 MPa.

No resulta necesaria la realización de un estudio hidrogeológico.

En la siguiente tabla quedan fijadas las principales características de la obra y de los materiales utilizados en la misma:

Elemento	Valor
Tensión admisible del terreno	0,2 MPa
Hormigón zapatas	HA-25
Acero zapatas	B 400 S

1.6.2 PREPARACIÓN DEL TERRENO

1.6.2.1 Preparación de la zona de obra

Actualmente el terreno está edificado, por lo que son necesarias tareas de demolición de la antigua construcción para más tarde proceder al levantamiento del nuevo recinto. Sin embargo, los trabajos de demolición así como los costes que de los mismos devengan no serán objeto de análisis en el presente proyecto. Sí lo serán los referentes a la explanación y adecuación del terreno, para lo que



en primer lugar se procederá al vallado del perímetro de la zona de la obra. Dicho vallado tiene como objetivos la prevención de robos de material e impedir el acceso de personas no autorizadas. Este cerramiento será temporal hasta que concluya la obra.

1.6.2.2 Explanación y compactación del terreno

Será necesario un nivelado del terreno debido a que tras las obras de demolición del actual estadio es de preveer que en determinadas zonas del área destinada a la construcción se produzcan notorios desniveles. Se retirará la tierra necesaria mediante la utilización de retroexcavadoras, posteriormente será transportada mediante camiones al vertedero más cercano. A continuación se procederá a la explanación del terreno, que tendrá como objetivo nivelar toda la superficie a edificar, este trabajo se realizará con una motoniveladora. Finalmente se compactará el terreno con objeto de conseguir un asentamiento que evite posibles movimientos de tierras en el momento de la edificación. La compactación deberá realizarse preferentemente mediante un rodillo compactador vibratorio autopropulsado.

1.6.2.3 Excavación para elementos de cimentación

Únicamente se excavarán pozos para la posterior introducción de las zapatas de los pilares y apoyos de los pórticos de hormigón armado y de los pilares de la cubierta metálica, puesto que la construcción carece de otros tipos de elementos constructivos (vigas de atado) que requieran componentes de cimentación diferentes. Estas excavaciones serán realizadas manualmente por operarios o mecánicamente mediante retroexcavadoras (dependiendo del tamaño de los pozos). La tierra retirada será transportada en camiones al vertedero más cercano. Tanto las dimensiones como la ubicación exacta de las zapatas serán especificadas más adelante en las secciones “Resultados del cálculo” (capítulo



1.9) y “Planos” (documento 3).

CAPÍTULO 1.7. CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA

1.7.1 CARACTERÍSTICAS DEL ESTADIO

1.7.1.1 Disposición de las gradas

Se ha optado por un sistema de gradas rectas tanto para las tribunas laterales como para las de fondo. La unión entre las gradas laterales y las de fondo en las cuatro esquinas del estadio se efectuará mediante gradas curvas de 90°. Es decir, la configuración de los graderíos será tal y como se muestra en la siguiente imagen:

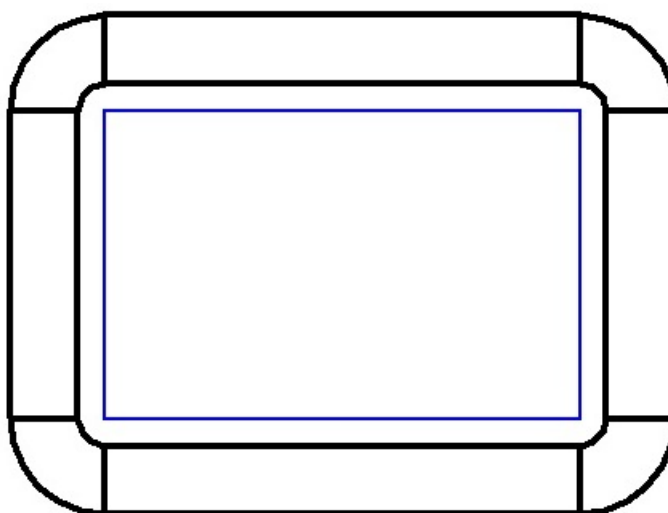


Figura 9 – Disposición de los graderíos

La razón por la que se ha preferido un sistema de graderío cerrado, esto es, sin interrupciones que corten la continuidad de las gradas (interrupciones generalmente localizadas en las esquinas), es el mayor número de localidades que este tipo de disposición de grada permite. Esta ventaja se considera superior a la principal virtud del sistema de gradas independientes, que no es otra que la



mayor facilidad a la hora de evacuar a las personas de la instalación.

Se ha optado por las tribunas rectas en detrimento de las gradas curvadas porque éstas en su parte central están mas alejadas del terreno de juego, dificultando de esta manera la buena visión del desarrollo del partido por parte de los espectadores (tal y como ocurre en las gradas de fondo del José Antonio Elola). Además, las gradas curvas requieren mayor superficie para la edificación de la construcción.

1.7.1.2 Tipos de gradas

Se ha optado por una estructura de pórticos de hormigón. Para dar forma a las gradas se han utilizado vigas prefabricadas de hormigón creadas para tal uso por la empresa NORTEN PH. Estas gradas van de pórtilo a pórtilo sustentándose sobre los mismos. Eligiendo la opción de gradas prefabricadas se consigue rebajar la carga de cálculo del programa y simplificar un proyecto ya de por sí basto y que abarca una gran diversidad de aspectos.

Se ha escogido a la empresa NORTEN PH como proveedora de las vigas prefabricadas por la gran variedad de modelos y tamaños que ofrece. Además, el catálogo de productos de esta compañía no se limita a vigas prefabricadas, sino que también ofrece antepechos, placas de remate y escalones, lo cual es de gran importancia, pues permite adquirir la mayoría de elementos que se van a utilizar en el estadio a una sola empresa, con las ventajas económicas que esto conlleva. De todos los modelos fabricados por la entidad, los más adecuados para una estructura como la del presente proyecto son los de la serie GN. A continuación se expone un conjunto de imágenes en el que se muestran las diferentes variantes de la susodicha serie GN.

SERIE GN

80

CARACTERÍSTICAS PARA HUELLA DE 80 cms

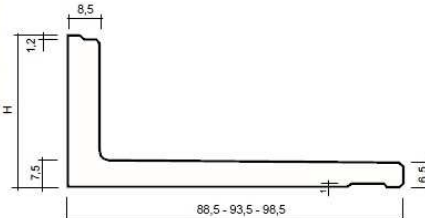
TIPO	CANTO DE TABICA		PESO (kgs./m.l.)	LONGITUD MAXIMA (m)	
	H	H1			
GN-80/40	41	40	220	7,00	
GN-80/45	46	45	230	7,50	
GN-80/50	51	50	240	8,00	

Figura 10 – Características de la viga prefabricada de la serie GN 80

SERIE GN

85

CARACTERÍSTICAS PARA HUELLA DE 85 cms

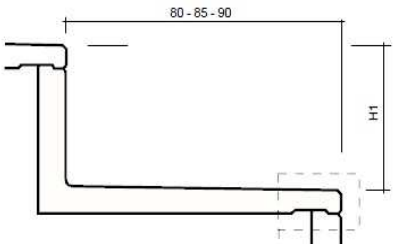
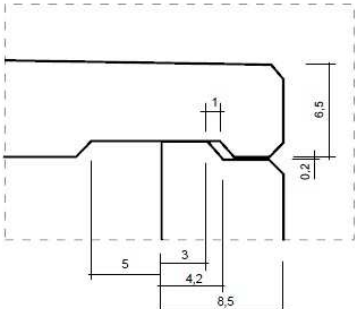
TIPO	CANTO DE TABICA		PESO (kgs./m.l.)	LONGITUD MAXIMA (m)	
	H	H1			
GN-85/40	41	40	230	7,00	
GN-85/45	46	45	250	7,50	
GN-85/50	51	50	250	8,00	

Figura 11 – Características de la viga prefabricada de la serie GN 85

SERIE GN

90

CARACTERÍSTICAS PARA HUELLA DE 90 cms

TIPO	CANTO DE TABICA		PESO (kgs./m.l.)	LONGITUD MÁXIMA (m)	
	H	H1			
GN-90/40	41	40	240	7,00	
GN-90/45	46	45	250	7,50	
GN-90/50	51	50	260	8,00	

Dimensiones en cms.
Sobrecarga de uso: 500 Kgs/m²

Figura 12 – Características de la viga prefabricada de la serie GN 90

Como se puede observar, la serie GN se divide en tres subseries: GN 80, GN 85 y GN 90. Estas tres series, cuya numeración indica la longitud de la huella del asiento, se dividen a su vez en otras tres, dando lugar a un total de nueve tipos de gradas diferentes dentro del modelo GN. El segundo número de la serie indica la altura del asiento.

En función de esta información, y una vez definido el tipo de viga escogida para el proyecto, parece claro que el siguiente paso debe ser la elección de una de las nueve variantes que hay de dicho modelo.

En un primer cribado se desechan los modelos GN-80/40, GN-85/40 y GN-90/40 debido a que estas vigas tienen una longitud máxima de 7 metros, y como la longitud de las vigas determinará la distribución de los pórticos (a mayor longitud de las vigas mayor distancia entre pórticos porta-gradas y por tanto menor cantidad de pórticos y más ahorro), resulta más apropiado optar por uno de los otros seis modelos de vigas puesto que poseen una longitud máxima superior. Sin embargo, este mismo criterio es igualmente aplicable a las vigas GN-80/45, GN-

85/45 y GN-90/45 (de longitud máxima de 7,5 metros) respecto a las vigas GN-80/50, GN-85/50 y GN-90/50 (de longitud máxima de 8 metros), así pues, las tres primeras quedan también descartadas. Por último, de las tres series restantes se opta por la GN-80/50 debido a su (ligeramente) inferior peso respecto a las otras dos vigas, lo que trae emparejado una reducción del coste final de la estructura. En la siguiente representación gráfica se puede apreciar la geometría de la viga finalmente elegida así como las dimensiones más representativas de la misma:

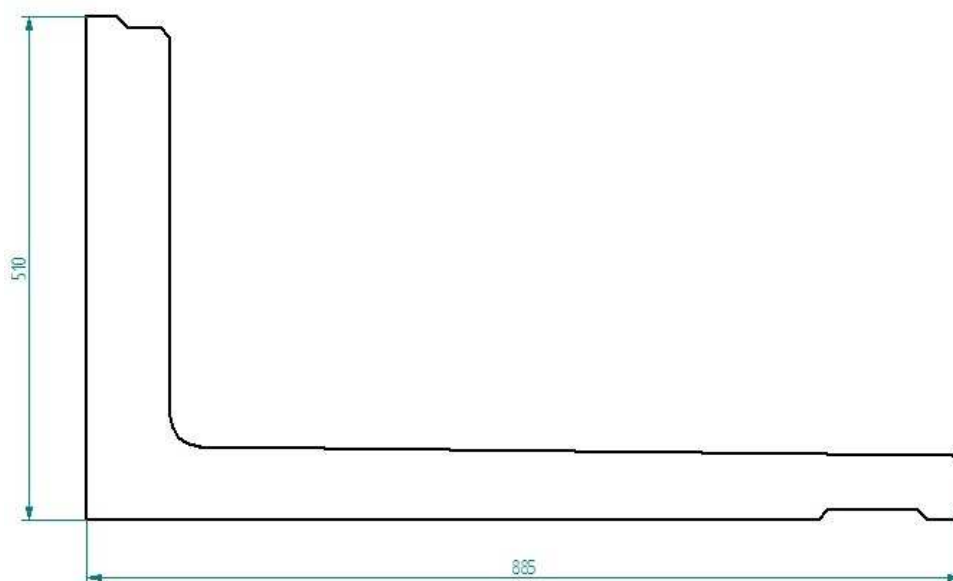


Figura 13 – Sección de la viga prefabricada (dimensiones en mm)

Por último, en lo referente al acoplamiento entre los pórticos y las gradas, éstas reposarán sobre unos mini-escalones situados en los pórticos, pero con objeto de fijar la unión se utilizarán angulares que conectarán cada una de las vigas prefabricadas a su correspondiente mini-escalón. Dichos mini-escalones tendrán 13 centímetros de huella, que es lo aconsejado por la empresa proveedora de las vigas (NORTEN PH). Ésta será la única limitación constructiva en cuanto al diseño de los pórticos se refiere.

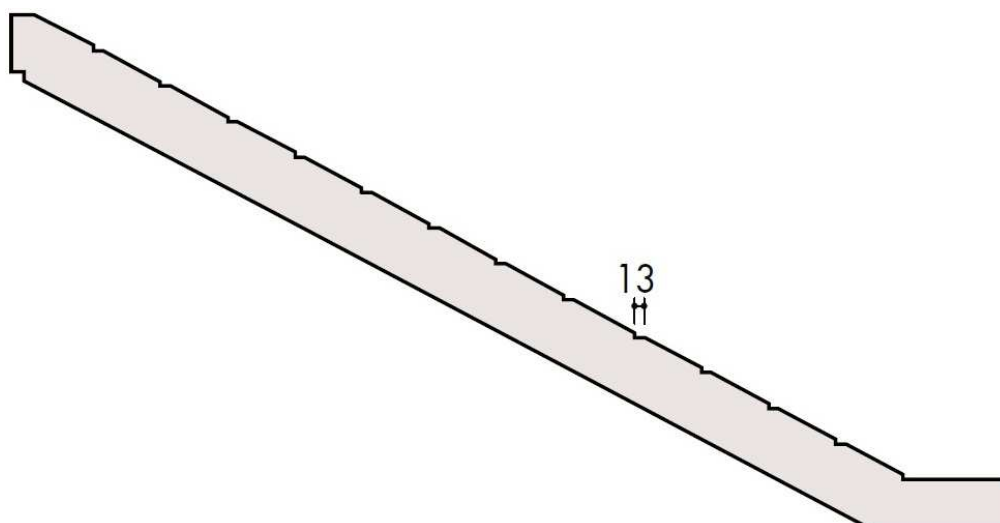


Figura 14 – Geometría de la viga inclinada del pórtico porta-gradas (dimensiones en cm)

Respecto al encaje de unas vigas con otras, éste se realizara tal y como se ilustra en las figuras 11 y 12 (presentes en esta misma sección). El mini-escalón más bajo de los pórticos se situará a una altura de medio metro, y sobre ese mini-escalón reposará la primera de las 19 filas de vigas prefabricadas que descansarán sobre el pórtico porta-gradas. Las demás filas se encajarán a partir de esa primera viga tal y como se expone en las citadas figuras.

1.7.1.3 Tipos de pórticos

Las necesidades de diseño del presente estadio de fútbol implican la inclusión de cuatro tipos diferentes de pórticos. Sin embargo, cabe reseñar la tendencia que se ha tenido durante la elaboración de este proyecto a minimizar la cantidad de pórticos distintos que tienen cabida en el estadio.

Para el cálculo de estos pórticos de hormigón se ha utilizado un método iterativo partiendo de unos pórticos predimensionados. El programa empleado para tal fin ha sido CYPE, concretamente el módulo llamado CYPECAD, si bien es cierto que



también ha sido utilizado, aunque de forma residual, el módulo Nuevo Metal 3D con objeto de hallar determinados esfuerzos imposibles de obtener mediante la sola utilización de CYPECAD. Más adelante, en las secciones “Metodología de cálculo” (capítulo 1.8) y “Memoria de cálculos” (documento 2) se abordará este tema de forma detallada.

Los cuatro tipos de pórticos distintos elegidos son los siguientes; el pórtico porta-gradas, que sustenta las uniones entre vigas; el pórtico de entrada, utilizado en las entradas para espectadores; el pórtico de entrada especial, sustentador de la entrada para vehículos de emergencia; y el pórtico de entrada especial trasero, que también sirve para sustentar el acceso para vehículos de emergencia.

Todos estos pórticos están compuestos por una viga inclinada y un pilar (a excepción del pórtico de entrada especial trasero, que está constituido por una viga inclinada y dos pilares). Estos elementos (vigas inclinadas y pilares) son independientes, es decir, el pórtico no tiene que ser fabricado de una sola pieza, sino que se divide en partes, de tal forma que el transporte queda simplificado. La unión de estos componentes se realizará a pie de obra.

Asimismo, en lo referente a los elementos de sustentación de los pórticos, todos (a excepción del pórtico de entrada especial trasero) constarán de un único pilar de frenado situado frente al extremo inferior de la viga inclinada. El pórtico de entrada especial trasero no tiene ningún pilar de frenado debido a que la viga inclinada no llega hasta al suelo sino que se mantiene sobre dos pilares conectados con la viga en los extremos de la misma. Todos los pórticos contarán también con dos zapatas; una en el extremo inferior del pilar trasero y otra bajo el pilar de frenado y el extremo inferior de la viga inclinada (para el caso del pórtico de entrada especial trasero esta segunda zapata se sitúa bajo el pilar delantero). Estos elementos de sustentación, al contrario que los pórticos, no es necesario predimensionarlos, ya que sus dimensiones no afectan al resto de la estructura ni crean limitaciones de cualquier tipo en otros elementos de la misma, como ocurre, por ejemplo, con dimensiones tales como la altura de los pilares y la inclinación de



las vigas inclinadas, que afectan a otras dimensiones de elementos como las vigas prefabricadas que dan lugar a las gradas, y por tanto, esas dimensiones (la altura de los pilares y la inclinación de las vigas inclinadas) deben quedar fijadas desde un principio, siendo tarea de la herramienta informática optimizar el resto de dimensiones (las que si son variables) de los pórticos, a saber; el canto y ancho de la viga inclinada, la sección de los pilares, y por supuesto las dimensiones de todos los elementos de cimentación. En consecuencia con esto, a continuación se muestra la geometría predimensionada de cada uno de los pórticos, pero lógicamente, no la de los elementos de sustentación, debido a que como se ha explicado anteriormente, no es necesario predimensionarlos.

En la siguiente imagen se puede apreciar el pórtico porta-gradas predimensionado. Este pórtico es el único de los presentes en la estructura que tiene parte de la viga inclinada en voladizo, este hecho atiende tanto a razones estéticas como de espacio y económicas, ya que si el pilar trasero del pórtico confluyera con el extremo superior de la viga inclinada, el terreno de edificación aumentaría notablemente (así como la sección y la altura de los pilares traseros), lo cual redundaría en un incremento de los costes.

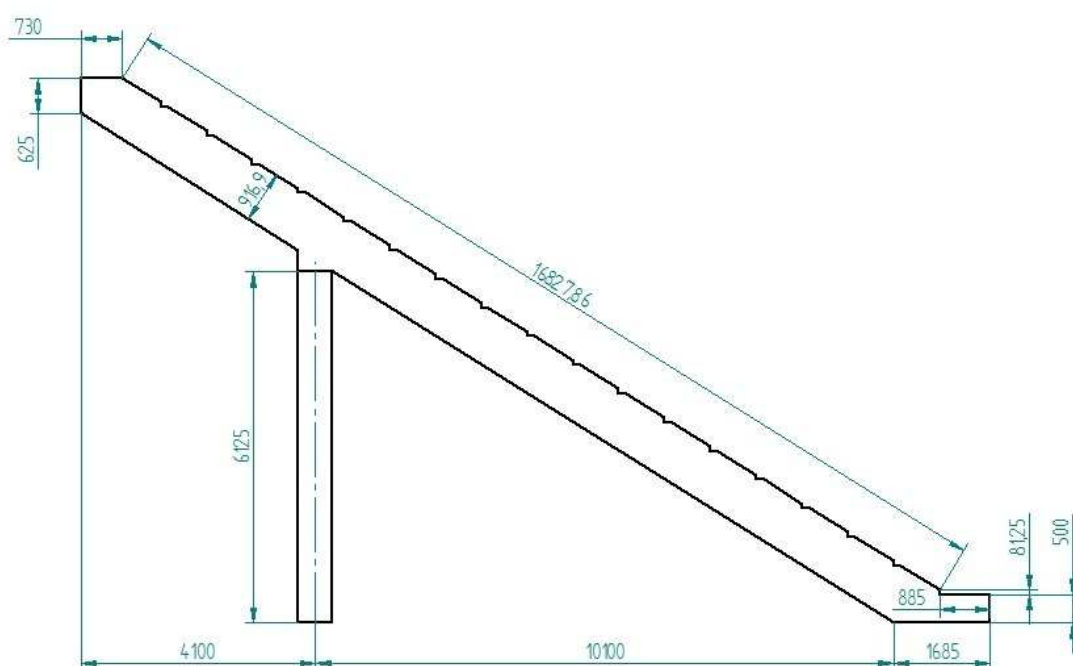


Figura 15 – Pórtico porta-gradas predimensionado (dimensiones en mm)

La anchura de la sección del pórtico porta-gradas predimensionado es de 40 cm.

A continuación se expone una imagen en la que se puede observar la geometría del pórtico de entrada:

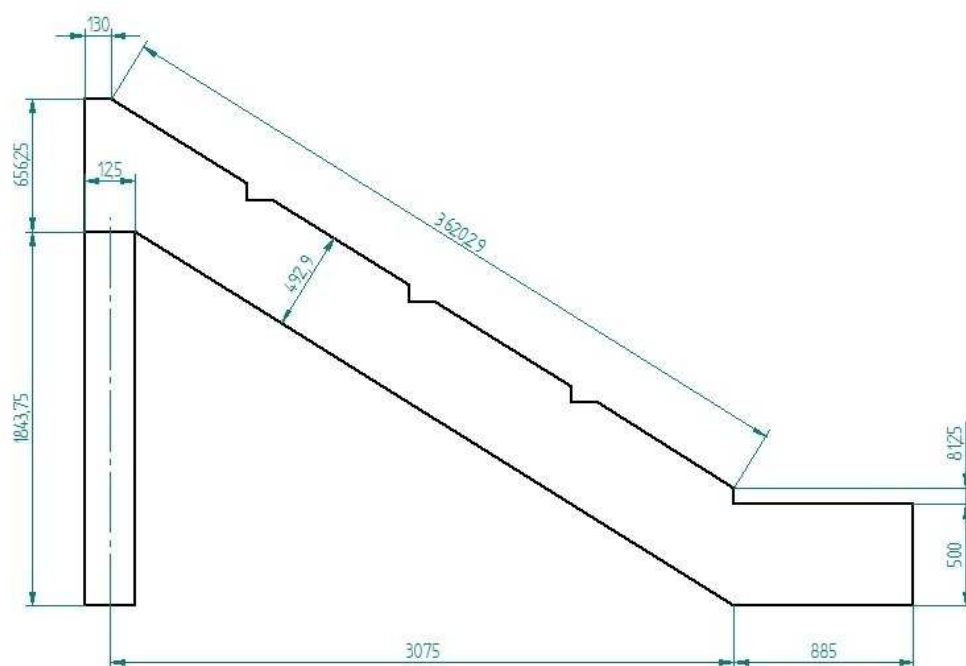


Figura 16 – Pórtico de entrada predimensionado (dimensiones en mm)

La anchura de la sección del pórtico de entrada predimensionado es de 20 cm.

En la siguiente imagen se muestra la geometría del pórtico de entrada especial predimensionado:

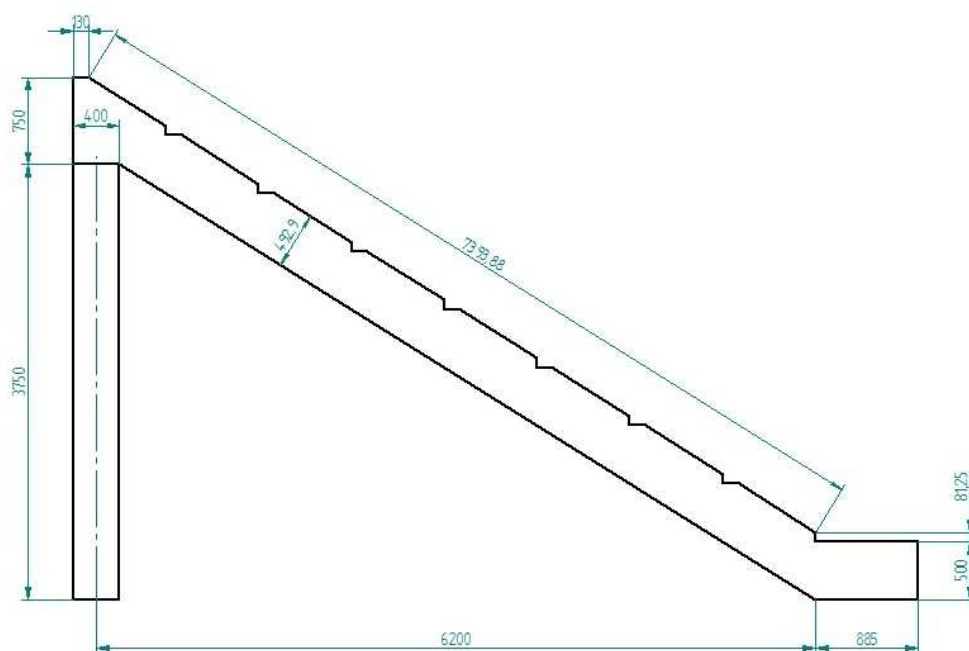


Figura 17 – Pórtico de entrada especial predimensionado (dimensiones en mm)

La anchura de la sección de este pórtico predimensionado es de 20 cm.

Por último, en la imagen que sigue a continuación se puede apreciar la geometría del pórtico de entrada especial trasero:

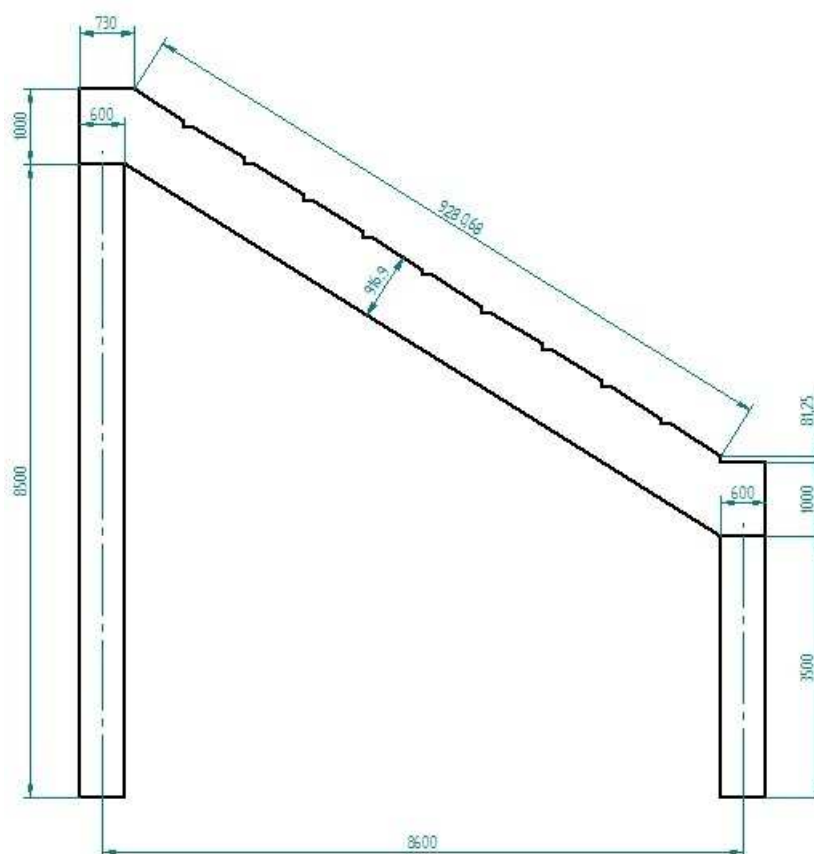


Figura 18 – Pórtico de entrada especial trasero predimensionado (dimensiones en mm)

La anchura de la sección del pórtico de entrada especial trasero predimensionado es de 20 cm.

En lo referente a los tipos de uniones entre los distintos elementos de los pórticos, en los casos correspondientes a los pórticos porta-gradas, pórticos de entrada y pórticos de entrada especial, los pilares se unirán a la cimentación mediante apoyos empotrados, mientras que las uniones entre las vigas inclinadas y los pilares serán articuladas, exactamente lo mismo que las uniones entre los extremos inferiores de las vigas inclinadas y la cimentación. Esta información queda reflejada de forma esquemática en la siguiente imagen:

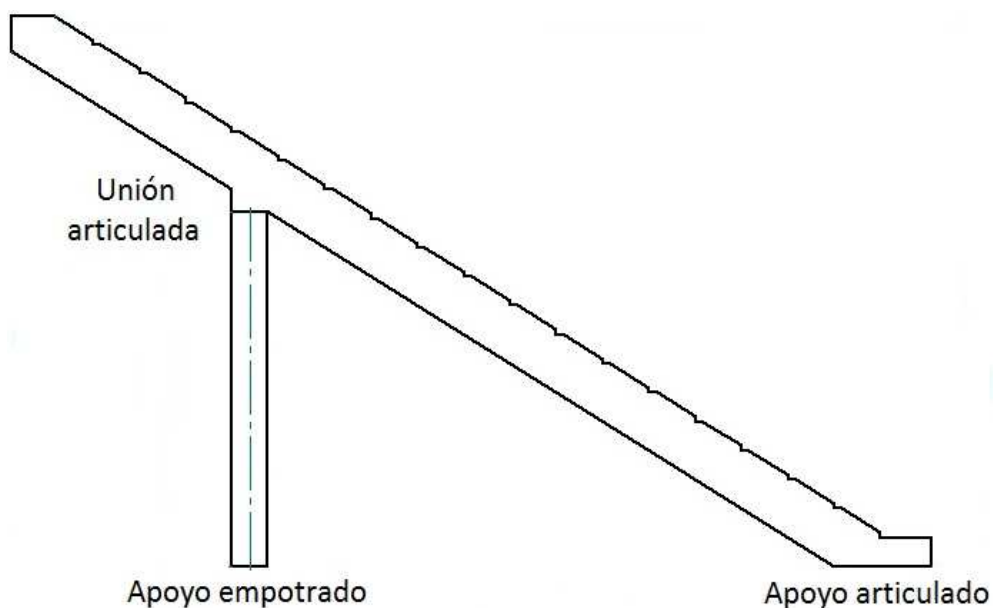


Figura 19 – Tipología de uniones en un pórtico porta-gradas

Para el caso de los pórticos de entrada especial traseros, los dos apoyos de los pilares con la cimentación serán empotrados, mientras que los dos apoyos de las vigas inclinadas con los pilares serán de tipo articulado. La configuración de las uniones sería como se muestra en la siguiente imagen:

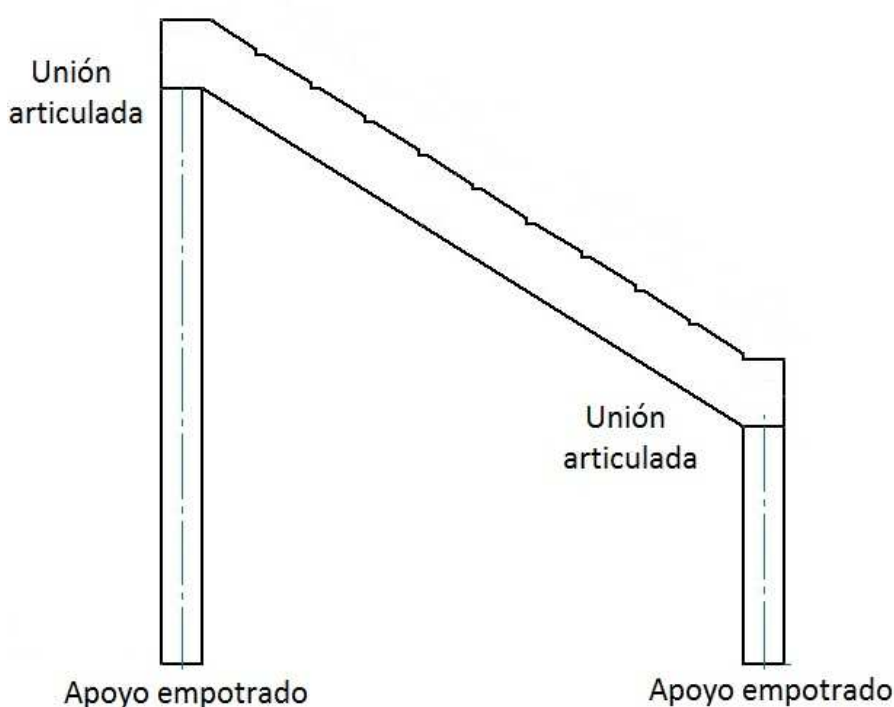


Figura 20 – Tipología de uniones en un pórtico de entrada especial trasero

Finalmente, reseñar que los cuatro tipos de pórticos presentes en la estructura serán optimizados mediante CYPECAD y Nuevo Metal 3D partiendo de las geometrías predimensionadas anteriormente expuestas. Todo este proceso de cálculo será explicado en la sección “Metodología de cálculo, diseño y optimización de los pórticos de hormigón armado” (apartado 1.8.2) y ampliamente desarrollado en “Memoria de cálculos” (documento 2), además, las dimensiones variables finales más importantes tanto de los pórticos como de sus elementos de sustentación serán mostradas en la sección “Resultados del cálculo” (capítulo 1.9), mientras que la geometría completa de los mismos se expondrá en la sección “Planos” (documento 3).

1.7.1.4 Distribución de pórticos porta-gradas

Una vez determinada la longitud máxima (8 metros) de las vigas que se van a



utilizar en el estadio así como la naturaleza de las mismas, ya se puede abordar el diseño de la distribución de los pórticos, debido a que la única limitación en cuanto a distancia entre estos es la longitud de las vigas prefabricadas.

Parece claro que lo más lógico es conseguir la mayor uniformidad posible de las distancias entre pórticos a la vez que la máxima distancia entre los mismos para así utilizar menos cantidad de ellos. Siendo consecuentes con este razonamiento, se habrían de separar todos los pórticos 8 metros (máxima largura de las vigas), pero esto no es posible debido a que las longitudes de las tribunas (105 metros las laterales y 68 las de fondo), no son múltiplos de ocho. Teniendo este inconveniente presente, a continuación se va a abordar el diseño de la distribución de pórticos.

En primer lugar se va a diseñar la distribución de pórticos de las gradas laterales. Sabiendo que la longitud de dichas gradas ha de ser 105 metros (la misma dimensión que el terreno de juego), vemos que al intentar dividir esta distancia entre 8 metros (la máxima separación entre gradas) no obtenemos un número entero, por lo tanto no podremos utilizar solo esa distancia entre pórticos. Sin embargo, si dividimos 105 entre 7, si que obtenemos un número entero (15). De esta forma la distancia entre pórticos será uniforme y además conseguimos que dicha distancia sea un número entero. Cabe preguntarse por que no utilizar gradas de 7,5 metros de longitud ya que al dividir 105 entre 7,5 también se obtiene un número entero (14) y además se disminuye la cantidad de pórticos. La razón es que, de esta forma habría que utilizar vigas que no fueran de metro en metro y aunque esto la empresa proveedora lo permite, redundará en un mayor coste pues habrá que utilizar una cantidad de vigas diferentes mayor. Por tanto, y en resolución, todas las vigas prefabricadas escogidas para los graderíos laterales medirán 7 metros.

En el caso de los fondos, la longitud de la porción de tribuna recta es de 68 metros. Como se puede comprobar fácilmente, el primer número entero menor que 8 divisible por 68 es 4. Sin embargo, si situamos los pórticos porta-gradas

cada 4 metros, la cantidad de los mismos que habrá que utilizar será muy elevada (17), y además, el aprovechamiento de las vigas sería pésimo (ya que como se ha referido en numerosas ocasiones anteriormente, la longitud máxima de las mismas es de 8 metros). Por todo ello, se ha recurrido a una opción que tiene en cuenta los dos principales criterios utilizados en el diseño de la distribución de los pórticos (la uniformidad de longitudes de viga y la utilización de vigas con la máxima longitud posible). Según este criterio, se ha optado por combinar para este tipo de tribuna pórticos separados con distancias de 8 y 7 metros. Concretamente se utilizarán 4 espaciados de siete metros y 5 espaciados de 8 metros, estando todos los espaciados de ocho metros en la parte central de la tribuna.

Hasta ahora hemos definido la distancia entre pórticos de las cuatro gradas principales del estadio. A continuación podemos observar una imagen que recopila la información relativa a este respecto:

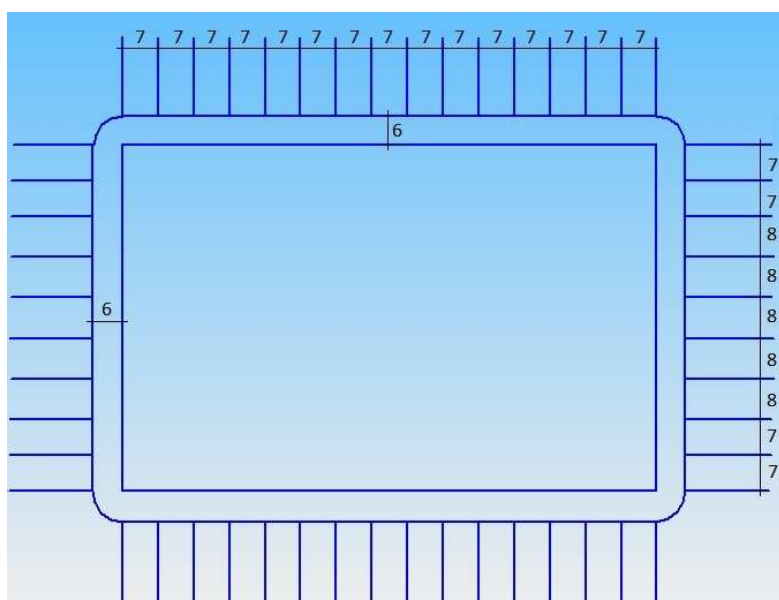


Figura 21 – Distribución de pórticos porta-gradas en gradas rectas (dimensiones en m)

Queda por definir ahora el tipo de gradas a escoger para las cuatro esquinas del estadio. Parece claro que las dos principales opciones a sopesar son las gradas rectas y las curvas. Se ha optado por las segundas por su mayor aprovechamiento del espacio (permiten aumentar ligeramente las localidades disponibles pues no hay aristas que impidan sentarse a los espectadores). Desde un punto de vista constructivo ninguna de las dos opciones presenta mayores dificultades que la otra, y en cuanto a favorecer la visibilidad, tampoco ninguna de las dos destaca sobre la otra. Sí es cierto que en el catálogo comercial de la empresa proveedora de las vigas prefabricadas (NORTEN PH) no aparece este tipo de vigas curvas, pero eso no impide que las pueda proporcionar, pues por todos es sabido que esta clase de empresas no se dedica a guardar grandes cantidades de stock, sino que fabrican en función de los pedidos que tienen, y por ello no les causa mayor inconveniente desarrollar productos similares a los que comercializan.

A continuación se muestra una imagen que ilustra el tipo de grada curva que va a ser utilizado en este proyecto:

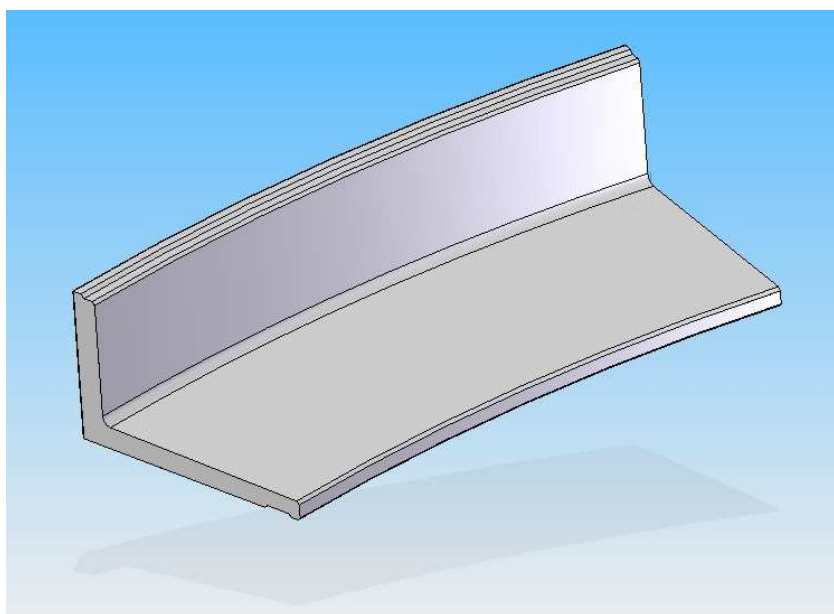


Figura 22 – Viga curva



El siguiente punto a dilucidar consiste en determinar el número de pórticos que soportarán estas gradas curvas. Se ha determinado dividir los noventa grados correspondientes a la esquina en partes iguales para conseguir la mayor uniformidad posible en lo que a tamaños de gradas se refiere. Como se puede entender, el objetivo es disminuir la cantidad de pórticos a utilizar en la medida de lo posible pero siempre teniendo como limitación de todo tipo de diseño que la longitud máxima de las vigas prefabricadas es 8 metros. Teniendo presente dicha limitación, vemos que resulta imposible utilizar un solo segmento de viga que una los dos tramos de tribuna recta, ya que la longitud de las vigas de la parte más alta de la tribuna sería muy superior a los 8 metros. Este mismo problema es el que nos encontramos si dividimos la parte curva en dos secciones. También lo mismo ocurre en el caso de utilizar tres secciones de vigas, al igual que en el de cuatro vigas. El primer caso en que ninguna de las vigas supera los 8 metros de longitud es el que divide la esquina en cinco secciones, de tal forma que cada sección abarque 18 grados.

En la imagen que sigue se puede ver ya completado, es decir, incluidos los pórticos de las partes curvas, el diseño de la distribución de los pórticos portagradas de acuerdo a la división en cinco secciones de dichas gradas curvas:

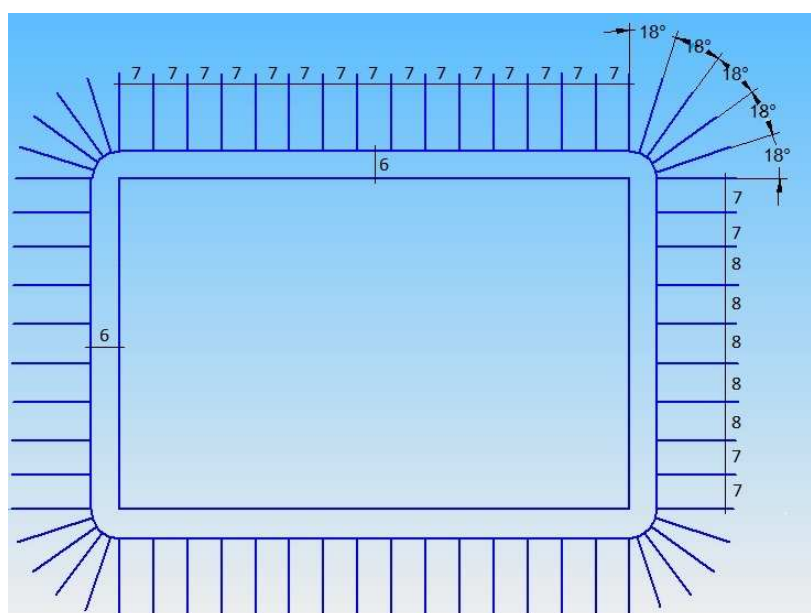


Figura 23 – Distribución completa de los pórticos porta-gradas (dimensiones en m)

El número de filas de asientos es constante a lo largo de todo el estadio. Dicho número asciende a 20, siendo 19 de las mismas, vigas prefabricadas y la última, y en más elevada posición, una placa de remate soportada en un antepecho, protegiendo éste último a los espectadores de posibles caídas. La configuración de tales elementos, junto con los apoyos de las vigas prefabricadas en los pórticos pueden observarse en la imagen que sigue a continuación:

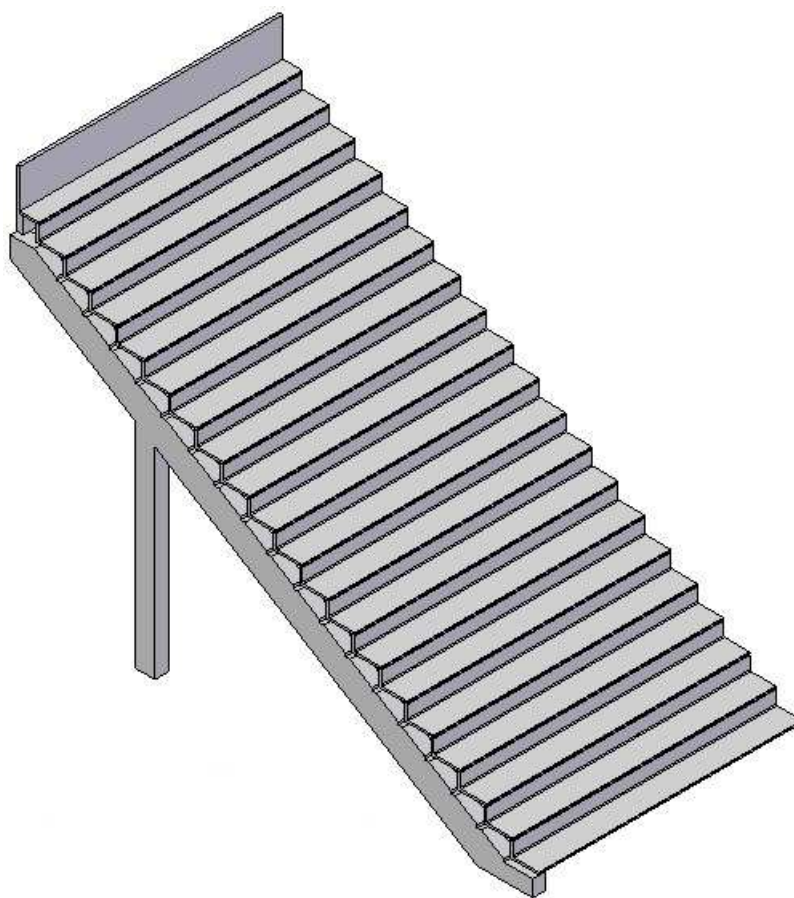


Figura 24 – Configuración de los graderíos

Tanto la longitud de los antepechos como la de las placas de remate es siempre la misma que la de las vigas prefabricadas sobre las que se apoyan.

La placa de remate es exactamente igual que una porción de viga prefabricada cortada verticalmente a 585 milímetros de la punta del asiento.

En la siguiente imagen se puede apreciar la geometría de la misma:

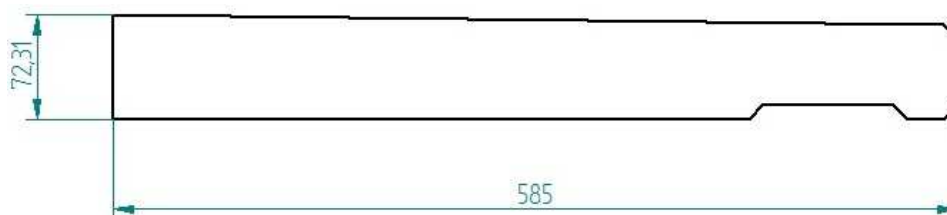


Figura 25 – Sección de la placa de remate (dimensiones en mm)

En la siguiente instantánea se muestra la geometría del antepecho:

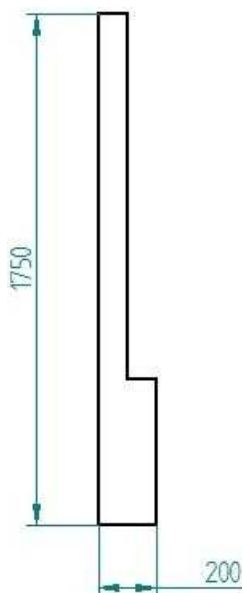


Figura 26 – Sección del antepecho (dimensiones en mm)

Respecto a las juntas de dilatación, no se incluirán en las uniones entre vigas consecutivas. En su lugar, se dispondrá un espacio entre dichas uniones que será rellenado con un sellante con capacidad de absorber las dilataciones de las gradas. Por ello, las gradas prefabricadas finalmente usadas en la construcción serán 3 cm más cortas de lo inicialmente proyectado, de tal forma que haya espacio suficiente para introducir el sellante entre vigas consecutivas.



1.7.1.5 Distribución de accesos

No hay ninguna norma que rijan el número de accesos de que debe constar un estadio, ni su número, ni tampoco su disposición a lo largo del recinto ni las dimensiones de los mismos. Por ello, se ha decidido tomar como referencia una instalación similar a la tratada en el presente proyecto; el campo de fútbol Mini Estadi, estadio de capacidad pareja al desarrollado y que desde el momento de su inauguración (en 1982) fue considerado un ejemplo de modernidad y comodidad por lo que se erigió como modelo para la construcción de nuevos estadios. Teniendo en cuenta que dicha edificación consta de 28 accesos, que el número de espectadores que tienen cabida es ligeramente superior al analizado en este proyecto (15.276 concretamente), y que además, consta de 2 anfiteatros (lo cual aumenta el número de accesos necesarios), se considera que en relación, el estadio objeto de este proyecto debe tener 20 aperturas.

Los accesos al estadio están constituidos por aperturas en las gradas. Dichas aperturas se situarán en su totalidad a ras de suelo con objetivo de simplificar el diseño de las mismas así como por la rebaja de coste que proporciona su ubicación en tal posición. Las dimensiones de todas las entradas para los espectadores son de 2x2 metros. Para sustentar estas entradas se han diseñado pórticos independientes de los pórticos porta-gradas, que serán analizados más adelante y que se denominan pórticos de entrada. Se ha pretendido realizar la distribución de estos accesos de la forma más simétrica posible. Además, se ha incluido una entrada más de iguales dimensiones a las anteriores destinada a dirigir a los jugadores al terrero de juego desde el túnel de vestuarios. Dicha entrada está situada en el centro de la grada de preferencia

Por último, se ha incluido un acceso para vehículos de emergencia que consta de una anchura mínima en la base de 3,7 metros y una altura de 4 metros. Esta entrada, tal y como se ha dicho está diseñada para que en caso de requerirlo, puedan acceder al estadio vehículos tales como ambulancias, coches de policía, camiones de bomberos o incluso máquinas de construcción o mini-coches



utilizados para transportar a jugadores lesionados. Precisamente la altura de esta entrada viene determinada por la máxima altura reglamentaria que puede tener el más grande de los vehículos que pudiera necesitar acceder al estadio: un camión de bomberos, que por ley tiene una cota máxima de 4 metros.

Atendiendo a criterios estéticos y económicos la entrada para vehículos de emergencia se ha situado en una de las gradas de las esquinas del estadio. La ubicación elegida es la habitual para este tipo de entradas, siendo la razón de tal posición el bajo valor de las localidades instaladas en esa zona de la grada (debido a la mala visibilidad de la misma). Por ello, en caso de tener que eliminar plazas es preferible quitarlas de esa parte de la tribuna y no de otras en las que la visibilidad (y por tanto el coste) es superior.

A continuación se muestra una imagen en la que queda plasmada la distribución de accesos:

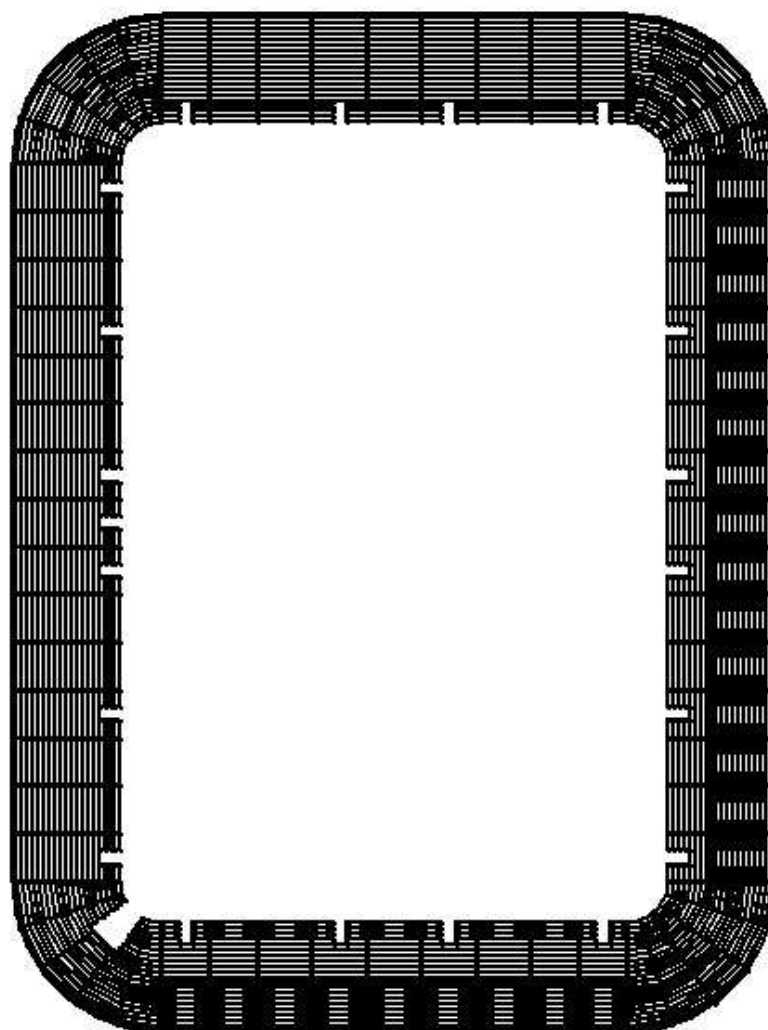


Figura 27 – Distribución de accesos

1.7.1.6 Cimentación

Todos los pilares de todos los pórticos que componen la estructura (pórticos porta-gradas, pórticos de entrada, pórticos de entrada especial y pórticos de entrada especial traseros) así como los extremos de las vigas inclinadas que descansen sobre el suelo, se verán soportados por zapatas de hormigón armado. Estas zapatas serán de tipo cuadrado y centradas, a excepción de las zapatas delanteras de los pórticos de entrada especial que serán excéntricas (y cuadradas) con objeto de evitar el solapamiento de las mismas con las de los



pórticos porta-gradas, y las zapatas delanteras de los pórticos de entrada especial traseros y de los porta-gradas, que serán rectangulares (y centradas) también con objeto de evitar su solapamiento con otras zapatas. Se ha optado por la opción de las zapatas cuadradas y centradas (excepto en los casos anteriormente referidos) por considerar que las fuerzas que actúan sobre ellas son casi en exclusiva de carácter vertical, de tal forma que no se requieren zapatas con geometrías diferentes a la cuadrada (como las rectangulares, piramidales...) o de tipo excéntrico, que además tienen un coste superior. Cada una de las zapatas que conforman la cimentación del estadio están provistas de parrilla inferior pero no todas tienen parrilla superior.

Respecto a los materiales, el hormigón que compone los elementos de cimentación es de tipo HA-25 mientras que el acero de las varillas que forman las parrillas es de tipo B 400 S.

A continuación se muestra una imagen en la que quedan definidos a grandes rasgos la geometría y el armado de una zapata correspondiente al pilar de un pórtico de entrada. Las dimensiones finales de los elementos de cimentación serán mostradas en las secciones de “Resultados del cálculo” (capítulo 1.9) y “Planos” (documento 3).

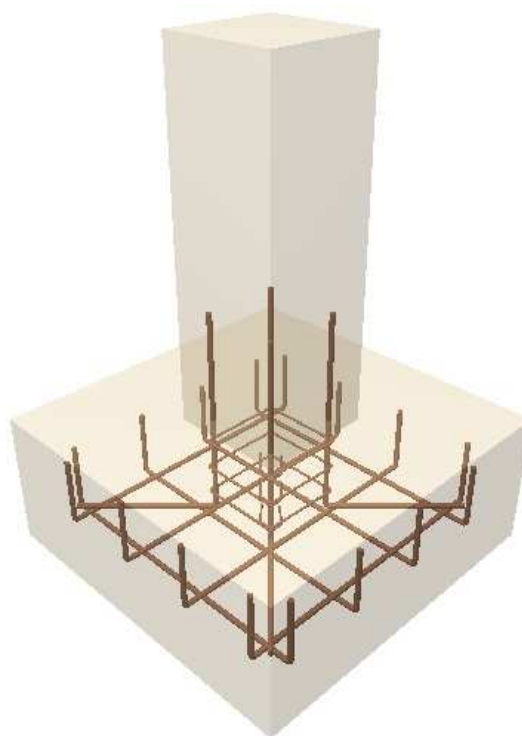


Figura 28 – Zapata del pilar del pórtico de entrada

1.7.1.7 Barandillas

El punto 3.1 del Código Técnico de la Edificación en su apartado “Seguridad de Utilización y Accesibilidad” (SUA) determina que es necesaria la inclusión de barreras siempre que existan desniveles superiores a 55 cm. Por tanto, el contorno de todos los accesos al estadio (incluida la entrada para vehículos de emergencia) deberá estar rotulado por barandillas. Dichas barandillas tendrán una cota de 0,9 m, que es el mínimo fijado por el CTE para alturas inferiores a 6 m (como las del caso que nos ocupa), debiéndose medir dicha distancia desde la línea de inclinación definida por los vértices de los peldaños. Además, la barrera deberá estar dotada de un pasamanos en su parte superior.

Las barandillas serán de acero y de perfil tubular con un diámetro exterior de como máximo 6 cm y de un diámetro interior a convenir según el fabricante con el

único condicionante de que la barandilla sea capaz de resistir en el borde superior una fuerza horizontal uniformemente distribuida de 3 kN/m, que es lo que fija el CTE para la subcategoría de uso C5 (la correspondiente a estadios deportivos). La separación entre barrotes verticales será de 10 cm (el máximo fijado por la normativa aplicada).

Todas estas características geométricas quedan reflejadas en la imagen que se muestra a continuación:

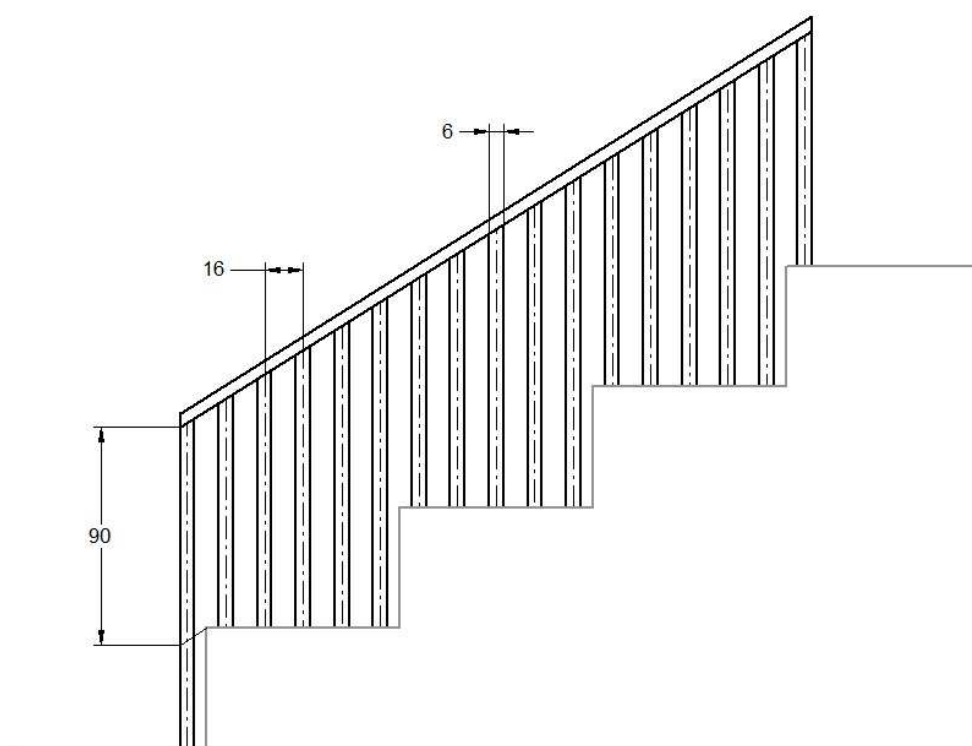


Figura 29 – Configuración y dimensiones de la barandilla (dimensiones en cm)

Respecto a los apoyos, todas las barandillas se erigirán sobre las huellas de las vigas prefabricadas, nunca sobre sus laterales o sobre los laterales de los pórticos. Las barandillas se colocarán paralelas a los bordes de las aperturas y a 5 cm de distancia de los mismos.

En la siguiente instantánea se puede apreciar mediante una vista en planta la disposición de la barandilla respecto a la grada.

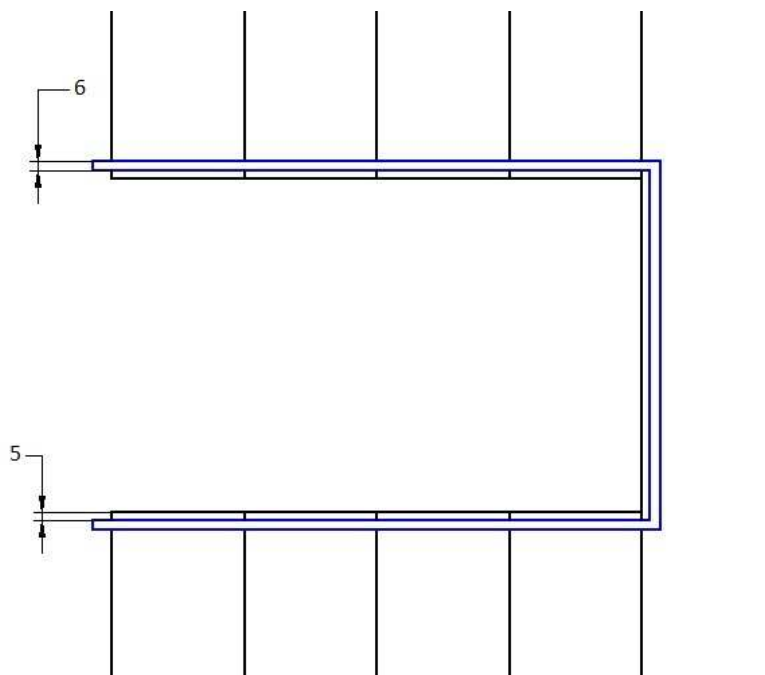


Figura 30 – Disposición de la barandilla respecto al graderío (dimensiones en cm)

1.7.1.8 Escalones

Los escalones utilizados en la presente construcción son proporcionados por la empresa Nortén PH. Concretamente se utilizarán peldaños dobles de huella de 27 cm y contrahuella de 16,5 cm. Se han elegido estas dimensiones por ser las que mejor encajan con la geometría de las vigas prefabricadas utilizadas en el proyecto (vigas de 80 cm de huella y 50 de contrahuella).

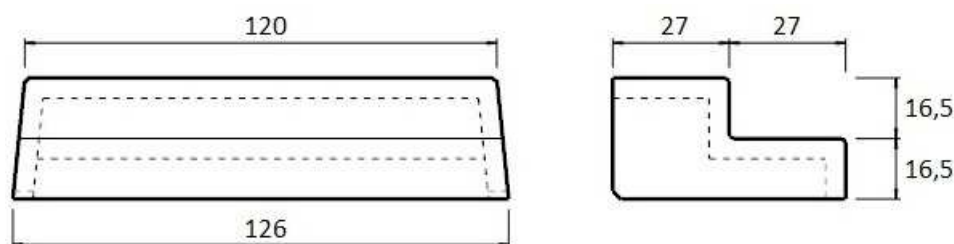


Figura 31 – Dimensiones del escalón (dimensiones en mm)

El CTE limita las dimensiones de huellas y contrahuellas de los escalones presentes en una gran variedad de construcciones, sin embargo, esta normativa se muestra ambigua respecto a las características geométricas de los peldaños ubicados en estadios deportivos. Concretamente, toda la información mostrada por el CTE a este respecto es la correspondiente al punto 4.4 del DB-SUA, intitulado “Pasillos escalonados de acceso a localidades en graderíos y tribunas”:

1. *Los pasillos escalonados de acceso a localidades en zonas de espectadores tales como patios de butacas, anfiteatros, graderíos o similares, tendrán escalones con una dimensión constante de contrahuella. Las huellas podrán tener dos dimensiones que se repitan en peldaños alternativos, con el fin de permitir el acceso a nivel a las filas de espectadores.*
2. *La anchura de los pasillos escalonados se determinará de acuerdo con las condiciones de evacuación que se establecen en el apartado 4 de la Sección SI 3 del DB-SI.*

De todo lo anterior se colige que no se imponen limitaciones de huella o contrahuella en los escalones presentes en complejos deportivos como el estudiado en el presente texto. La única limitación dictada por el CTE es la ateniendo a la dimensión constante de la contrahuella (limitación que se cumple en los peldaños escogidos como así lo reflejan las dimensiones de los mismos), sin

embargo, sí hay restricciones referidas a la anchura de los escalones. El CTE en su vertiente de Seguridad en caso de Incendio (SI) asigna una anchura mínima a los escalones presentes en estadios de fútbol de 120 cm. En consecuencia se ha elegido esa dimensión para los peldaños utilizados en el recinto, no requiriéndose mayores anchuras al ser muy numerosos los accesos al estadio (lo cual implica una mayor facilidad de evacuación de los graderíos).

En cuanto a la disposición de los peldaños, se colocarán escalones sobre las vigas prefabricadas a ambos lados de cada una de las entradas y a una distancia de 20 cm de las secciones cortadas de las vigas, también se ubicarán peldaños formando un pasillo ascendente empezando el primer escalón en la primera viga que no este cortada y situados a 26 cm de los extremos de las huellas. A continuación se muestra una imagen en planta en la que queda reflejada la disposición de los escalones en una de las aperturas:

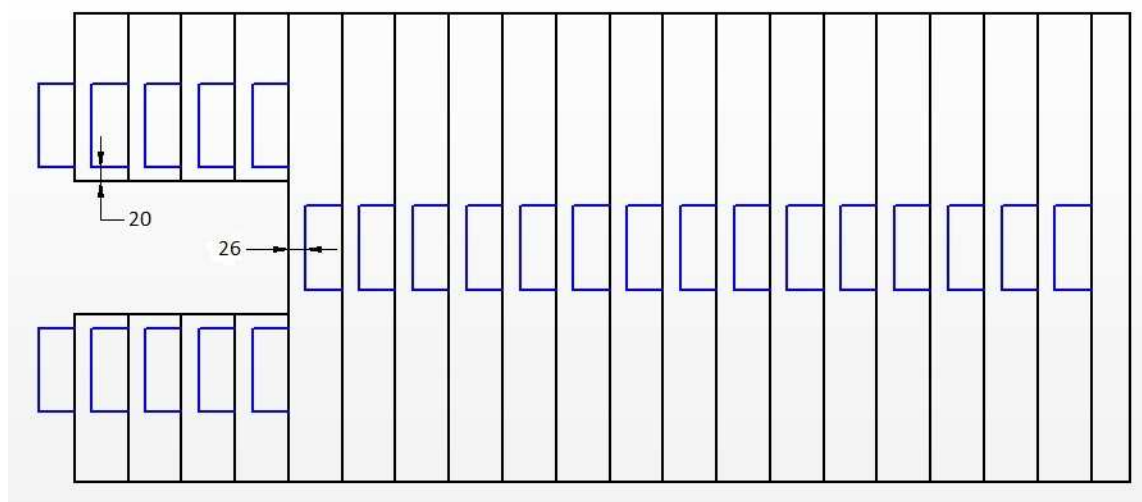


Figura 32 – Distribución de los escalones (dimensiones en mm)



1.7.1.9 Asientos

Inicialmente no entra dentro de lo abarcado por el presente proyecto la elección de los asientos ni la distribución de los mismos, pero cabe reseñar que el diseño del estadio (o más bien, de la cubierta del mismo) se ha llevado cabo con la intención de que una futura inclusión de asientos se realizara únicamente en la tribuna principal, es decir, sobre la parte del graderío que esta techado. En el resto de gradas del estadio no se dispondrán asientos ya que el papel de estos será desempeñado por las propias vigas prefabricadas que conforman los graderíos, puesto que para tal fin han sido diseñadas por NORTEN PH.

1.7.1.10 Accesos y localidades para discapacitados físicos

El CTE-DB-SUA (Seguridad de utilización y accesibilidad) en su apartado “Anejo A Terminología” fija las siguientes limitaciones para las plazas destinadas a minusválidos:

Espacio o plaza que cumple las siguientes condiciones:

- *Está próximo al acceso y salida del recinto y comunicado con ambos mediante un itinerario accesible.*
- *Sus dimensiones son de 0,80 por 1,20 m como mínimo, en caso de aproximación frontal, y de 0,80 por 1,50 m como mínimo, en caso de aproximación lateral.*
- *Dispone de un asiento anejo para el acompañante.*

Donde, en el mismo anejo referido anteriormente se identifica un itinerario accesible como aquel que cumple con las condiciones que en la siguiente tabla se refieren:



- Desniveles	- Los desniveles se salvan mediante rampa accesible conforme al apartado 4 del SUA 1, o <i>ascensor accesible</i> . No se admiten escalones
- Espacio para giro	- Diámetro Ø 1,50 m libre de obstáculos en el vestíbulo de entrada, o portal, al fondo de pasillos de más de 10 m y frente a <i>ascensores accesibles</i> o al espacio dejado en previsión para ellos
- Pasillos y pasos	- Anchura libre de paso $\geq 1,20$ m. En zonas comunes de edificios de <i>uso Residencial Vivienda</i> se admite 1,10 m - Estrechamientos puntuales de anchura $\geq 1,00$ m, de longitud $\leq 0,50$ m, y con separación $\geq 0,65$ m a huecos de paso o a cambios de dirección
- Puertas	- Anchura libre de paso $\geq 0,80$ m medida en el marco y aportada por no más de una hoja. En el ángulo de máxima apertura de la puerta, la anchura libre de paso reducida por el grosor de la hoja de la puerta debe ser $\geq 0,78$ m - Mecanismos de apertura y cierre situados a una altura entre 0,80 - 1,20 m, de funcionamiento a presión o palanca y maniobrables con una sola mano, o son automáticos - En ambas caras de las puertas existe un espacio horizontal libre del barrido de las hojas de diámetro Ø 1,20 m - Distancia desde el mecanismo de apertura hasta el encuentro en rincón $\geq 0,30$ m - Fuerza de apertura de las puertas de salida ≤ 25 N (≤ 65 N cuando sean resistentes al fuego)
- Pavimento	- No contiene piezas ni elementos sueltos, tales como gravas o arenas. Los felpudos y moquetas están encastrados o fijados al suelo - Para permitir la circulación y arrastre de elementos pesados, sillas de ruedas, etc., los suelos son resistentes a la deformación
- Pendiente	- La pendiente en sentido de la marcha es $\leq 4\%$, o cumple las condiciones de rampa accesible, y la pendiente transversal al sentido de la marcha es $\leq 2\%$

Figura 33 – Características de los itinerarios accesibles

Como se desprende del análisis de los datos expuestos, los accesos del estadio cumplen la normativa del CTE puesto que la anchura de las entradas al estadio es de 2 metros (1,2 metros es la dimensión mínima) mientras que la anchura del pasillo situado entre la primera grada y la barrera de publicidad es de 3 metros, además, no hay desnivel en ninguno de los accesos al recinto.

Los discapacitados físicos podrán utilizar todas las localidades de la primera fila puesto que al estar situadas a pie de campo no se necesita ascender por ningún tipo de escalón. Además, en caso de no poder abandonar la silla de ruedas, podrán situarse con ella tras la valla publicitaria, pues para tal fin el pasillo comprendido entre ésta y la grada es de tres metros, no impidiendo la circulación de los espectadores.

En lo referente a la señalización de los diversos elementos de la construcción, se seguirán las indicaciones dictadas por el CTE-DB-SUA en el apartado 2.1 y 2.2 de



la sección “SUA 9 Accesibilidad”.

1.7.2 CARACTERÍSTICAS DE LA CUBIERTA

1.7.2.1 Geometría de la estructura

Se ha optado por realizar una cubierta metálica que cubra toda la tribuna de preferencia, considerando que no tiene sentido techar todo el estadio teniendo éste únicamente capacidad para 13.000 espectadores, estando destinado a la categoría de Segunda División B o Tercera y correspondiendo su ubicación a un territorio en el que la climatología no es especialmente adversa, como se va a comprobar a continuación. La tabla que se muestra bajo estas líneas contiene los valores medios de los principales parámetros climáticos en el periodo de tiempo transcurrido entre 1986 y 2009 en la ciudad de Tudela. Estos datos han sido publicados por el Departamento de Desarrollo Rural y Medio Ambiente del Gobierno de Navarra habiendo sido tomados en una estación manual situada en la capital ribera.



Parámetro	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Año
Precipitación media (mm)	24.5	19.1	24.1	42.5	46.9	32.2	18.8	25.1	42.9	41.4	29.3	31.8	378.6
Precipitación máxima 24 horas (mm)	29.0	35.0	32.0	44.5	43.0	72.5	49.0	58.0	80.0	62.0	36.5	34.0	80.0
Días de lluvia	8.1	5.6	7.1	9.2	9.5	6.4	4.3	5.3	7.1	9.7	9.2	8.8	90.4
Días de nieve	0.5	1.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	2.6
Días de granizo	0.1	0.2	0.1	0.2	0.4	0.1	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	1.5
Temperatura máxima absoluta (°C)	19.0	26.6	30.0	30.5	36.0	40.0	40.5	41.0	39.0	30.0	24.9	21.0	41.0
Temperatura media de máximas (°C)	9.8	12.5	16.6	18.4	23.3	27.9	30.8	30.6	25.8	20.1	13.8	10.1	20.0
Temperatura media (°C)	5.9	7.7	11.0	12.9	17.3	21.3	23.9	23.9	20.0	15.3	9.8	6.4	14.6
Temperatura media de mínimas (°C)	2.0	2.9	5.4	7.4	11.2	14.8	17.1	17.1	14.1	10.5	5.7	2.8	9.3
Temperatura media de mínimas absolutas(°C)	-3.6	-2.7	-0.7	1.6	5.7	9.9	12.6	12.1	8.8	4.4	-0.7	-3.4	3.7
Temperatura mínima absoluta	-7.0	-6.0	-7.0	-2.0	0.0	6.0	9.0	8.8	5.5	0.0	-5.0	-9.0	-9.0
Días de helada	9.9	6.2	2.0	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	8.0	29.1
ETP: Evapotranspiración potencial, índice de Thornthwaite (mm)	9.8	15.2	33.3	46.9	84.5	119.9	146.2	135.5	88.8	53.1	22.1	10.9	766.1

Figura 34 – Parámetros climáticos en Tudela entre 1986 y 2009

De la tabla se colige que el porcentaje de días lluviosos es bajo (inferior al 25%), y el volumen de estas precipitaciones reducido. Lo mismo es aplicable a los días nevados (inferiores al 1%) y a los de extremo calor, igualmente poco comunes. Es decir, las condiciones climáticas no son lo suficientemente adversas como para considerar necesaria la cubrición de un gran número de localidades. En consecuencia, y tal y como se afirmaba al principio del presente apartado de la memoria, únicamente se techará la tribuna principal del estadio.

Se ha elegido una estructura completamente apoyada en el suelo. Otras disposiciones geométricas a tener en cuenta son las mixtamente apoyadas en el suelo y en los pórticos porta-gradas o las apoyadas totalmente en dichos pórticos.

La configuración de la construcción es la que sigue:

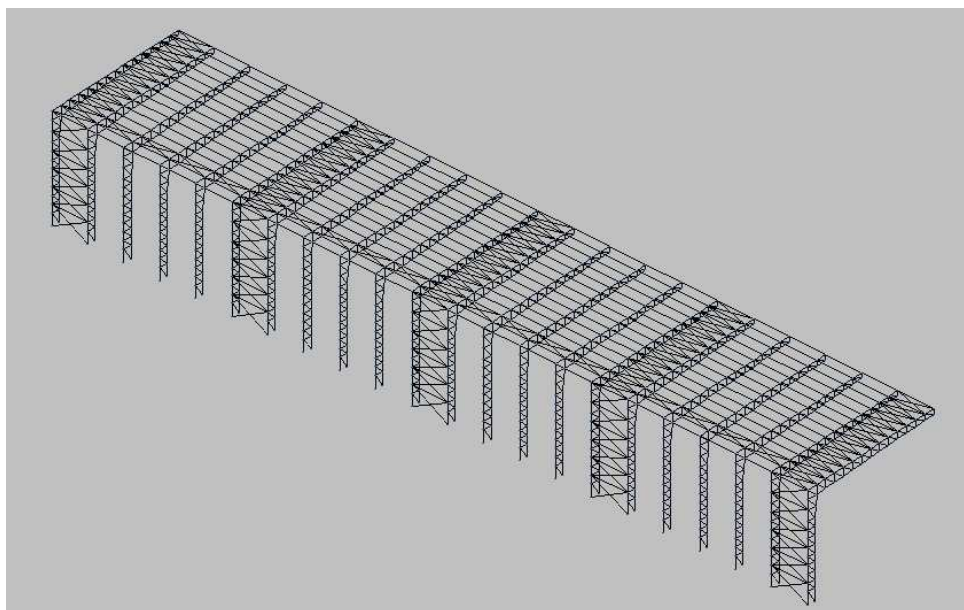


Figura 35 – Vista general de la cubierta metálica

La principal alternativa a la estructura elegida consiste en apoyar algunos de los pórticos de la cubierta metálica en los pórticos porta-gradas. Esta opción no nos permite escoger la distancia que deseemos entre pórticos de cubierta, sino que obliga a ceñirse a las distancias marcadas por los pórticos porta-gradas (siete metros). De esta manera, la cantidad de material metálico disminuye, sin embargo, la cantidad de hormigón de los pórticos porta-gradas crece en gran medida (harían falta pórticos de hormigón más grandes para poder resistir las fuerzas que la cubierta metálica les transmitiera), por lo que globalmente no se consigue una disminución de costes, sino todo lo contrario.

Este razonamiento también sirve para explicar por que la opción de apoyar completamente la cubierta en los pórticos porta-gradas tampoco es viable. Y es que para llevar a cabo tal proyecto habría que separar obligatoriamente los pórticos de cubierta metálica siete metros, la misma distancia que hay entre los pórticos porta-gradas, con lo que éstos serían los encargados de resistir todas las cargas actuantes sobre la cubierta además de las cargas debidas a los graderíos y las acciones ejercidas sobre los mismos. A todo esto habría que sumarle que al

aumentar la distancia entre los pórticos metálicos, las barras que van de pórtico a pórtico verían notablemente incrementados los esfuerzos a los que se ven sometidas, de tal forma que se requerirían perfiles de gran tamaño y coste.

Por todo lo expuesto anteriormente se ha convenido desarrollar la estructura presentada al principio del presente apartado, que como se ha podido comprobar está completamente apoyada en el suelo. Esta estructura tiene grandes ventajas; por un lado (y al contrario de lo que ocurre en las otras propuestas previamente planteadas) se puede escoger la distancia entre pórticos que se quiera, siendo en el caso que nos ocupa de 5 metros, de tal forma que se dota a la construcción de gran simetría. Además, al disminuir la longitud de las barras que unen pórticos consecutivos, se necesitan menores perfiles para dichas barras ya que los esfuerzos quedan reducidos.

Todo lo anterior nos lleva a la inclusión de un solo tipo de pórtico. En cuanto a su geometría, se ha optado por la típica de estos casos, consistente en dos cordones (superior e inferior) unidos mediante barras diagonales y montantes que forman triángulos. El entramado formado por dichas barras entre los dos cordones se asemeja al de la cercha de Pratt, la cuál podemos observar en la siguiente imagen:

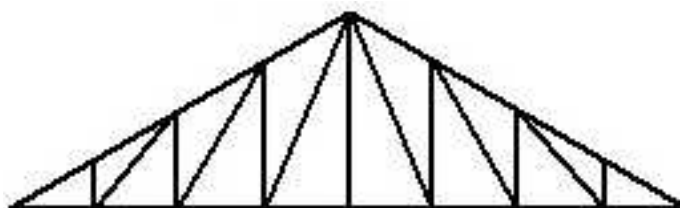


Figura 36 – Cercha de Pratt

La ligera inclinación del cordón superior ($6,68^\circ$ para el caso que nos ocupa) responde a una necesidad de facilitar la evacuación de aguas pluviales, nieve u

otro tipo de sustancias.

La separación entre los pilares de los pórticos de cubierta es de solo un metro. Puede parecer una distancia escasa, pero responde a necesidades de ahorro de espacio. También se puede alegar en contra de la pequeña distancia entre pilares de cubierta, el aumento de axil que esto causa sobre el pilar trasero de los pórticos de la estructura, hecho que trae consigo la utilización de perfiles de mayor tamaño en esos pilares, pero desde un punto de vista económico es preferible tener que aumentar ligeramente la cantidad de acero de la estructura, que no, tener que incluir perfiles mucho más largos que aumentarían en gran medida la cantidad de material aunque fueran ligeramente más esbeltos.

A continuación podemos observar una instantánea en la que queda reflejada la geometría del pórtico:

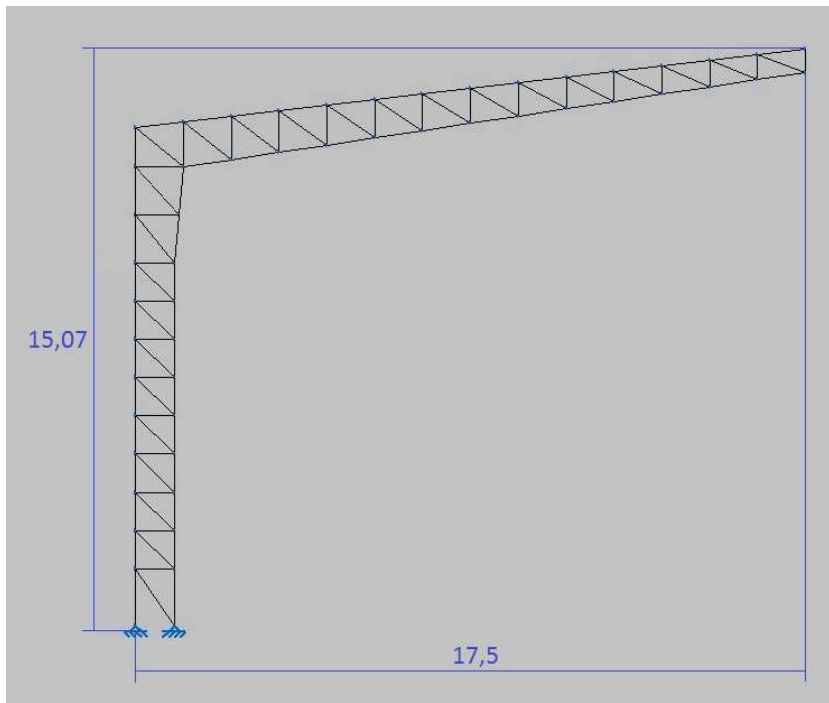


Figura 37 – Pórtico de la cubierta metálica (dimensiones en m)

Para unir los pórticos entre sí se ha optado tanto por barras longitudinales como por arriostrados. Dichas barras han sido colocadas tanto en el plano superior de la estructura como en el plano formado por los pilares traseros de los pórticos. En el plano correspondiente al techado se han colocado barras longitudinales que conectan todos los nudos de los cordones superiores de pórticos consecutivos y que miden 5 metros (la misma distancia que hay entre dichos pórticos, lógicamente). Se ha incluido un arriostrado en cada uno de los espacios entre pórticos para poder soportar esfuerzos laterales (generalmente debidos al viento). Además cada cuatro espacios entre pórticos consecutivos se incluye toda una fila de arriostrados tal y como acostumbra a hacerse en estructuras de este tipo a fin de resistir los esfuerzos laterales referidos.

A continuación se muestra una imagen del plano superior de la cubierta en la que se pueden apreciar todos los detalles recientemente expuestos:

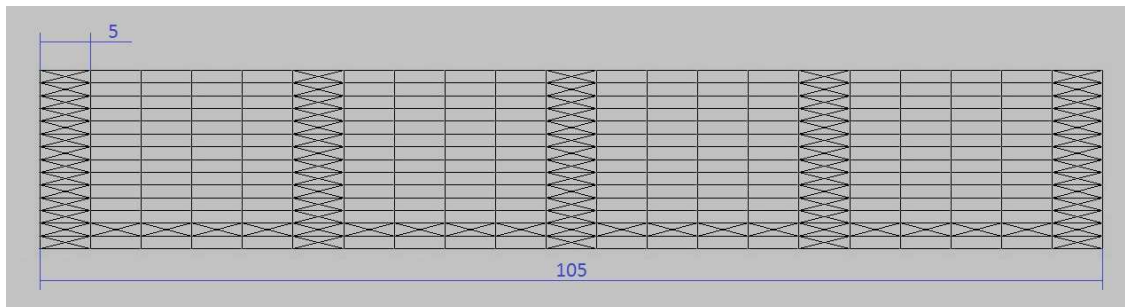


Figura 38 – Techo de la cubierta metálica (dimensiones en m)

En el plano que contiene los pilares traseros de los pórticos se han incluido barras longitudinales horizontales que unen cada cinco pórticos nudos alternos de pórticos consecutivos. Lo mismo ocurre con los arriostrados.

A continuación se muestra un plano que ilustra lo anteriormente referido:

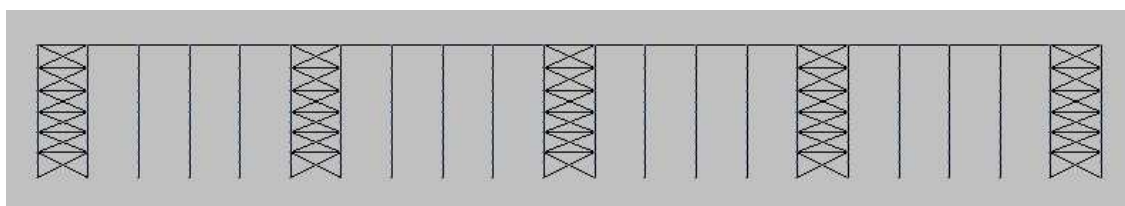


Figura 39 – Plano trasero de la cubierta metálica

Respecto a las juntas de la dilatación, no se ha considerado necesaria la inclusión de las mismas en la estructura de cubierta metálica debido a que ésta está calculada de acuerdo a las limitaciones de temperatura impuestas por CYPE, por lo que los perfiles de la estructura están diseñados para soportar dichas condiciones.

1.7.2.2 Cimentación

Los 22 pórticos que conforman la cubierta metálica constan de dos pilares metálicos que unen la estructura con la cimentación. Los dos pilares de cada pórtico descansan sobre una misma zapata, de tal forma que el número total de éstas también es de 22. Dichas zapatas son de tipo rectangular y no excéntricas. Si fueran excéntricas el volumen de las mismas sería ligeramente inferior pero partes de las zapatas interferirían con las zapatas de los pilares de los pórticos porta-gradas de hormigón. Por otro lado, las zapatas de tipo piramidal o cuadrado han sido descartadas porque debido a las grandes dimensiones de las mismas se producirían interferencias entre ellas. También se desecha la opción de crear una única zapata consistente en la fusión de las 22 anteriores puesto que esta hipotética zapata tendría una profundidad enorme, lo cual se traduciría en un volumen desproporcionado. Todas estas zapatas están provistas tanto de parrilla superior como de parrilla inferior y todas tienen grandes dimensiones debido al elevado tamaño de la estructura y al hecho de que una zapata deba resistir las fuerzas transmitidas por dos pilares metálicos.

En lo referente a los materiales que conforman los elementos de cimentación, el hormigón utilizado es el HA-25 mientras que el acero de las varillas de que están formados los emparrillados es el B 400 S.

Por otro lado, aunque el programa informático puede desarrollar la zapata más pequeña posible para cada uno de los 22 pórticos metálicos, resulta un gasto desproporcionado diseñar 22 zapatas diferentes, más aun teniendo en cuenta que las dimensiones de las mismas variarían muy poco. Por ello, se van a utilizar únicamente dos tipos distintos de zapatas; las zapatas de los pórticos extremos y las zapatas de los pórticos medios.

A continuación se muestra una imagen en la que se puede apreciar la disposición de las zapatas y el tamaño que ocupan respecto a la estructura de barras, todo ello visto en planta. Las dimensiones finales resultantes del cálculo mediante la herramienta informática serán analizadas en las secciones de “Resultados del cálculo” (capítulo 1.9) y “Planos” (documento 3).

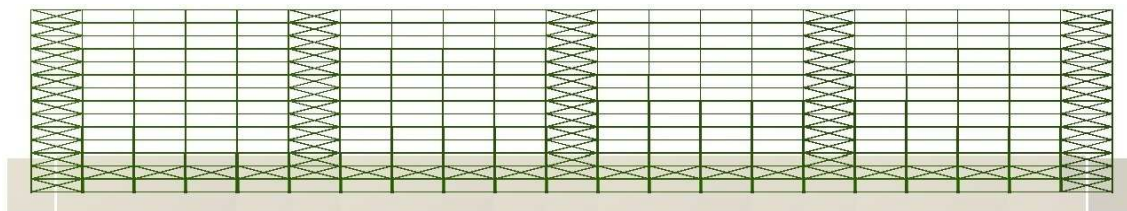


Figura 40 – Disposición de las zapatas de la cubierta metálica

1.7.2.3 Perfiles

Todas las barras que forman la cubierta son de tipo HEB, a excepción de los arriostrados y las barras transversales que van de pórtico a pórtico que son de perfil HEA. Se ha elegido el perfil HEB por su buen comportamiento en estructuras como la que ahora nos ocupa. Cabe preguntarse por qué no se han



utilizado perfiles IPE (como suele ser típico en obras similares a ésta). La respuesta a tal cuestión viene dada por las grandes dimensiones de la cubierta y las igualmente grandes cargas asociadas a dicho tamaño. Por esta razón los perfiles de tipo IPE no serían capaces de resistir, incluso utilizando los más grandes de la serie (IPE 600) tal y como se ha podido comprobar mediante cálculos realizados con el programa CYPE. Además, uno de los principales puntos fuertes de los perfiles IPE, su gran resistencia a pandeo lateral, queda anulado en esta obra pues no se va a calcular dicho tipo de pandeo. Por todo lo anterior es por lo que se ha escogido el HEB como perfil para la estructura, siendo su mejor comportamiento ante todo tipo de cargas (y de compresión en particular) lo que ha hecho que definitivamente se opte por él. Ciertamente, se puede alegar en contra del perfil HEB (y a favor del perfil IPE) su gran peso, que trae emparejado un mayor gasto debido al superior volumen final de acero en la obra. Sin embargo en esta ocasión no cabe tan siquiera ni plantearse la utilización del perfil IPE (ni cualquiera de sus derivados como IPE A, IPE 0, IPE 750 o incluso IPN) porque como ya se ha dicho, no es capaz de resistir los esfuerzos de la estructura.

La razón por la que se ha escogido el perfil HEA en lugar del HEB para las barras longitudinales y los arriostrados es el relativamente pequeño valor de los esfuerzos que actúan sobre dichas barras, que hacen innecesaria la utilización de perfiles HEB que aumentarían el peso y el coste de la estructura, ya que perfiles HEA pequeños (en la mayoría de los casos el perfil mínimo, es decir HEA 100) resisten sin problemas las cargas a las que se ven sometidos.

La distribución de perfiles sería la que sigue:

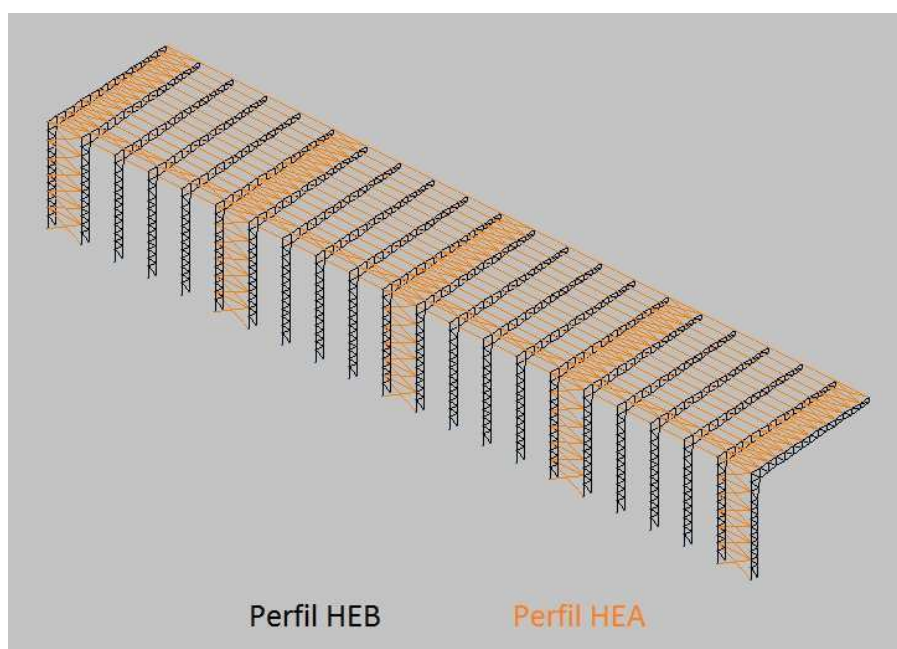


Figura 41 – Distribución de perfiles

Una vez justificada la elección de los perfiles, a continuación se aportará una definición de los mismos:

Perfil HEB: Perfil de acero de ala ancha, de serie media, cuya sección transversal tiene forma de H y las uniones entre el alma y las aristas son redondeadas y los bordes son con arista, tanto en el interior como en el exterior.

Perfil HEA: Perfil de acero laminado estructural de ala ancha pero menor espesor que el perfil HEB; constituye un derivado del mismo pero es más económico debido a que su mayor esbeltez le confiere menos peso.

Con el objetivo de definir claramente la geometría de ambos perfiles y de mostrar las diferencias estructurales que motivan la elección de uno u otro según las zonas de la cubierta, se expone a continuación una instantánea que compara la geometría del perfil HEB 100 con la del HEA 100:

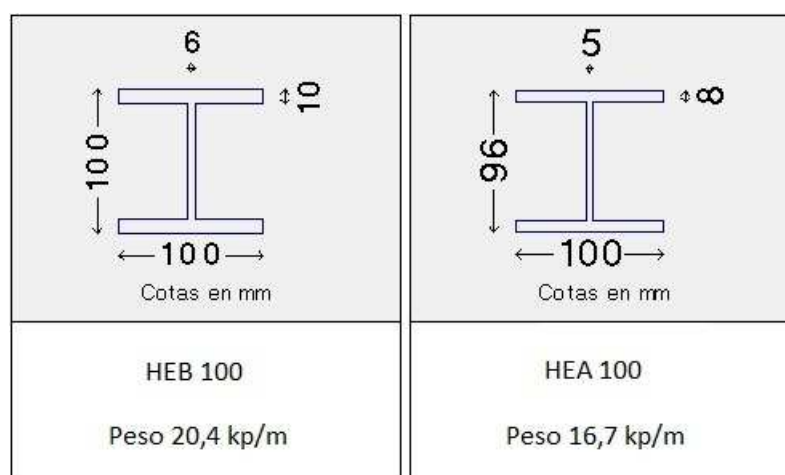


Figura 42 – Comparativa entre perfiles HEB 100 y HEA 100

Como se puede ver en la comparativa, la diferencia de peso no es en absoluto despreciable, en concreto de 3,7 kp/m, lo cual se traduce en un 22,15 %. En una estructura como la presente, con casi tres millares de barras (2772 exactamente) estas diferencias en el peso de los perfiles provocan que según se escoja uno u otro, la cantidad de material requerido varíe de forma muy notable. Es por esto por lo que se presta especial atención a la selección del perfil que será utilizado en cada parte de la cubierta.

1.7.2.4 Materiales

El material elegido para todas las barras de la estructura ha sido S 275 JR, es decir, acero de módulo elástico de 275 megapascasles y de aplicación en construcción ordinaria. Éste es el acero típicamente utilizado en estructuras como la cubierta que se está analizando en estas líneas.



1.7.2.5 Nudos

Todos los nudos de la estructura tienen condición de articulados en lo referente a su vinculación interior.

Todos los apoyos de la estructura tienen condición de articulados en lo referente a su vinculación exterior.

Se ha preferido la utilización de una estructura de nudos articulados en lugar de una de nudos rígidos debido a la superior capacidad de deformación de la primera así como por la mayor dificultad que presentan las estructuras de nudos rígidos a la hora de dimensionar las uniones entre barras. La principal desventaja de la armadura de nudos articulados frente a la de nudos rígidos es el elevado valor de los esfuerzos axiales, pero se consideran de más peso las ventajas de los nudos articulados que las de los nudos rígidos, y en consecuencia con ello se ha elegido el tipo de unión.

Respecto a los apoyos, se ha creído conveniente la elección de los mismos como articulados debido a que estos no requieren cimentaciones tan grandes como los empotrados, teniendo en cuenta que una mayor cimentación redundaría en aumento de costes.

A continuación se van a analizar tres tipos de uniones diferentes con objeto de fijar la manera con que deberían ser resueltas. Concretamente se analizará un nudo del cordón superior de uno de los pórticos, un nudo de esquina también del cordón superior del mismo pórtico y un nudo de apoyo de un pilar trasero. La imagen que se muestra a continuación es la correspondiente a una unión del cordón superior:

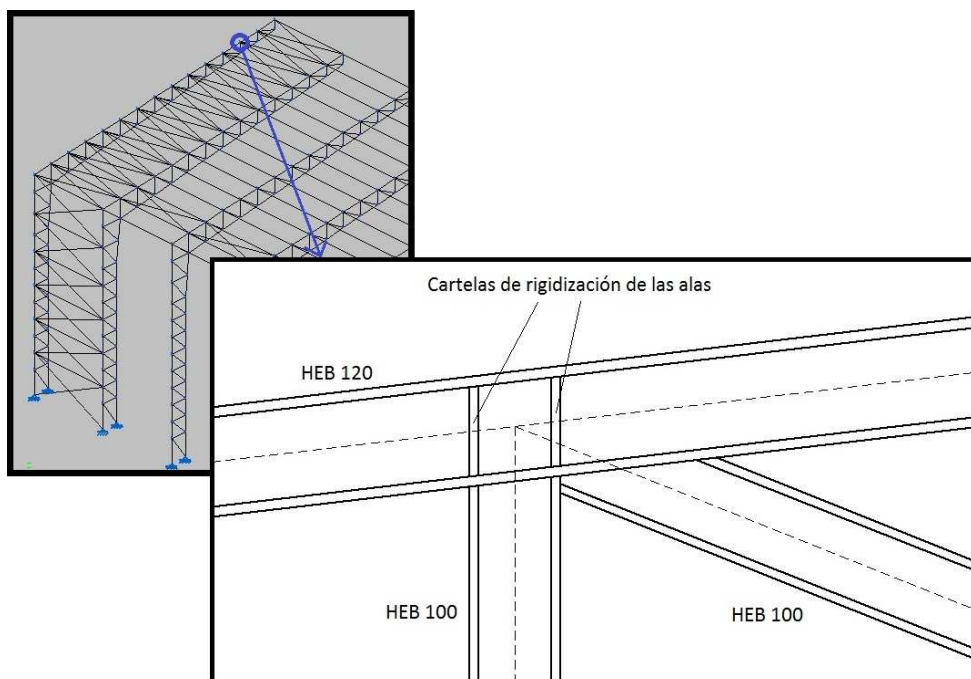


Figura 43 – Detalle de un nudo de cordón

Como se puede ver en la imagen anterior, únicamente se utilizan cartelas verticales de rigidización puesto que debido a su disposición geométrica, el montante es el perfil que mayores esfuerzos de compresión puede transmitir al cordón superior. Para realizar todas las uniones se utilizarán cordones de soldadura, y en caso de ser necesarios, tornillos.

A continuación se muestra una unión de esquina ubicada en uno de los cordones superiores de los pórticos de la estructura.

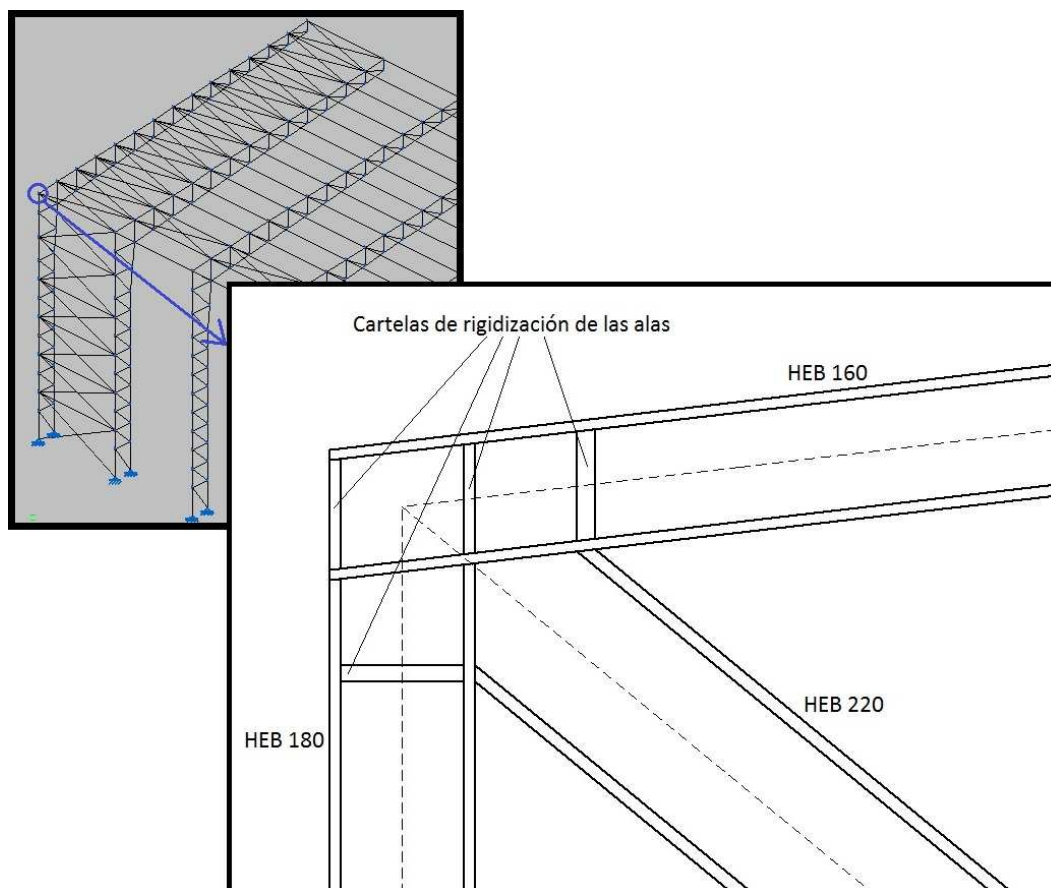


Figura 44 – Detalle de un nudo de esquina

Como se puede observar en la anterior imagen, para las uniones de esquina se necesitan cartelas de rigidización de las alas tanto para la prolongación del pilar como para la del perfil diagonal. Al igual que en el caso anterior, las uniones se realizarán mediante cordones de soldadura (tanto para los barras metálicas como para las cartelas de rigidización) y tornillos.

Por último, en la siguiente imagen se puede apreciar la geometría de una unión correspondiente a un apoyo:

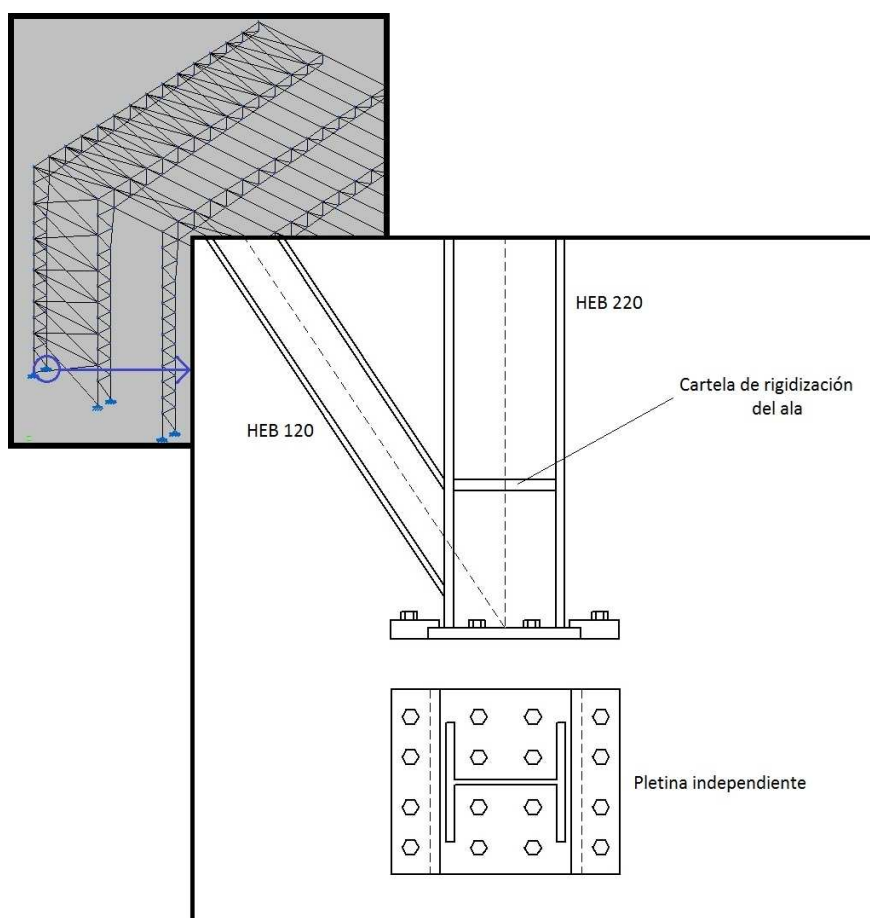


Figura 45 – Detalle de un nudo de apoyo

Como se puede apreciar en la figura precedente, para dotar a la unión de una mayor resistencia no solo se ha utilizado una cartela de rigidización sino que también se ha incluido una pletina independiente fijada mediante 8 tornillos así como dos láminas metálicas igualmente atornilladas al suelo y cuya principal función es la de limitar el movimiento de la unión.

1.7.2.6 Pandeo

Los coeficientes de pandeo de cada una de las barras que conforman la estructura han sido elegidos de acuerdo a los datos proporcionados por el CTE-



DB-SE-A, concretamente en el punto 6.3.2.4 denominado “Elementos triangulados”. La información contenida en dicho apartado es la que sigue:

- 1) *En celosías espaciales formadas por perfiles huecos atornillados en sus extremos se tomará como longitud de pandeo la distancia entre ejes de nudos para cualquier barra.*
- 2) *En vigas planas trianguladas se tomará como longitud de pandeo:*
 - a) *para los cordones, pandeo en el plano de la viga, la distancia entre ejes de nudos;*
 - b) *para los cordones, pandeo fuera del plano, la longitud teórica de la barra medida entre puntos fijos por existir arriostramiento; en caso de no existir puntos fijos, se tratará como una pieza de compresión variable.*
 - c) *para los montantes y diagonales, pandeo en el plano de la viga, la longitud libre entre barras;*
 - d) *para los montantes y diagonales, pandeo fuera del plano, la longitud entre ejes de nudos.*
- 3) *En vigas planas trianguladas formadas por perfiles huecos de cordones continuos y diagonales y montantes soldados de forma continua en todo el perímetro, se podrán tomar como longitudes de pandeo las definidas en el apartado anterior, aplicando el factor 0,9 a los cordones, y 0,75 a los montantes y diagonales.*

En lo referente al pandeo lateral, al ser éste un fenómeno que se da en el cordón comprimido en barras sometidas a flexión, unido a que en esta estructura las barras trabajan solo a tracción o compresión, no se considera necesario



comprobar dicho fenómeno.

1.7.2.7 Deformada

Debido a la geometría de la estructura, las barras que se verán sometidas a una mayor deformación serán las que componen los cordones (tanto superior como inferior) de los pórticos. Por tanto, será la limitación de flecha máxima de estas barras la que marque la limitación de flecha para todas las barras de la cubierta. Teniendo esto en cuenta junto a que la luz de la estructura es de 16,25 metros y la limitación de flecha por unidad de longitud es de 300 para este tipo de estructuras según se desprende del apartado 4.3.3.1 “Flechas” del CTE DB-SE (Seguridad Estructural), se colige que la flecha límite es de 54,1666 milímetros.

1.7.2.8 Agrupación de barras

Sería poco razonable tanto por cuestiones de diseño como puramente económicas calcular el tamaño óptimo del perfil para cada una de las 2772 barras de que consta la estructura. Por ello, se han agrupado distintas barras de tal forma que a todas las barras de un mismo grupo se les asigne un perfil del mismo tamaño, con el objetivo de disminuir la cantidad de perfiles diferentes (y por tanto de uniones), lo que abaratará el coste de la estructura y le proporcionará un aspecto más estético. Además, de esta manera la herramienta informática encargada de optimizar la estructura verá notablemente reducido el volumen de cálculo. Las distintas agrupaciones se han hecho de acuerdo a la geometría de las barras y a los esfuerzos a los que éstas se ven sometidas. A continuación se expone una tabla en la que quedan descritos los 34 grupos de barras en los que se ha dividido la cubierta:



Grupo	Descripción grupo
G1	Todos los arriostrados que unen distintos pilares traseros de los pórticos
G2	Todos los arriostrados del techo de la cubierta
G3	Las dos barras más inferiores de los cordones superiores de los pórticos extremos
G4	Las dos barras más inferiores de los cordones superiores de los pórticos centrales
G5	La tercera y cuarta barras más inferiores de los cordones superiores de los pórticos extremos
G6	La tercera y cuarta barras más inferiores de los cordones superiores de los pórticos centrales
G7	La quinta y sexta barras más inferiores de los cordones superiores de los pórticos extremos
G8	La quinta y sexta barras más inferiores de los cordones superiores de los pórticos centrales
G9	De la séptima a la decimocuarta barras más inferiores de los cordones superiores de los pórticos extremos
G10	La séptima y la octava barras más inferiores de los cordones superiores de los pórticos centrales



Grupo	Descripción grupo
G11	De la novena a la decimocuarta barras más inferiores de los cordones superiores de los pórticos centrales
G12	Las dos barras más inferiores de los cordones inferiores de los pórticos extremos
G13	Las dos barras más inferiores de los cordones inferiores de los pórticos centrales
G14	La tercera y cuarta barras más inferiores de los cordones inferiores de los pórticos extremos
G15	La tercera y cuarta barras más inferiores de los cordones inferiores de los pórticos centrales
G16	La quinta y sexta barras más inferiores de los cordones inferiores de los pórticos extremos
G17	La quinta y sexta barras más inferiores de los cordones inferiores de los pórticos centrales
G18	Séptima y octava barras más inferiores de los cordones inferiores de los pórticos extremos
G19	Séptima y octava barras más inferiores de los cordones inferiores de los pórticos centrales
G20	Las cinco barras más superiores de los cordones inferiores de los pórticos extremos



Grupo	Descripción grupo
G21	Novena y décima barras más inferiores de los cordones inferiores de los pórticos centrales
G22	Las tres barras más superiores de los cordones inferiores de los pórticos centrales
G23	Las diagonales más superiores que conectan los dos pilares de los pórticos extremos
G24	Las diagonales más superiores que conectan los dos pilares de los pórticos centrales
G25	Todas las barras (diagonales y horizontales) que conectan los dos pilares de los pórticos extremos excepto las diagonales más elevadas
G26	Todas la barras (diagonales y horizontales) que conectan los dos pilares de los pórticos centrales excepto las diagonales más elevadas
G27	Todas las barras (diagonales y verticales) que conectan los cordones superior e inferior de los pórticos extremos excepto la diagonal más inferior
G28	Todas las barras (diagonales y verticales) que conectan los cordones superior e inferior de los pórticos centrales excepto la diagonal más inferior



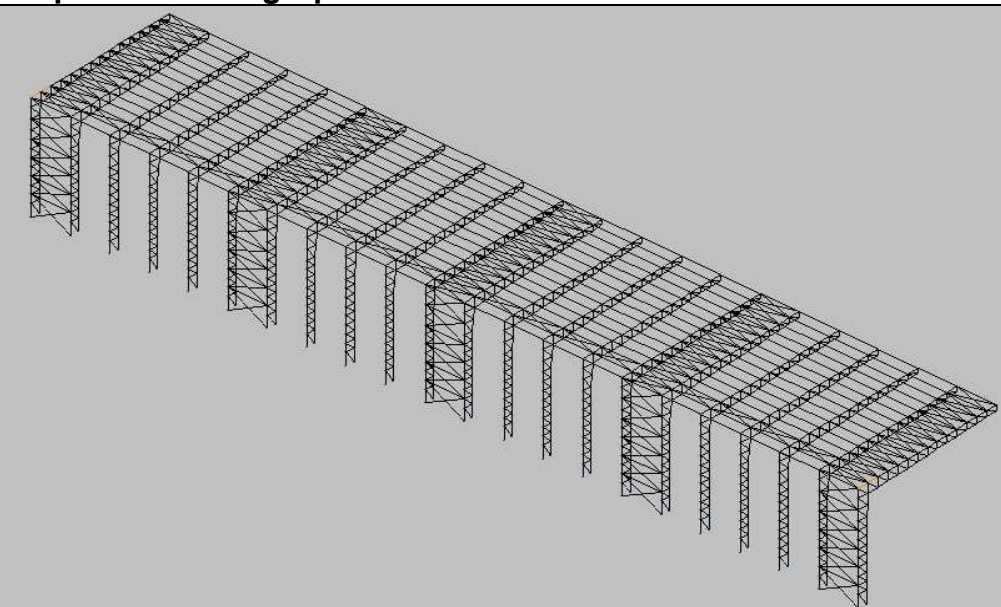
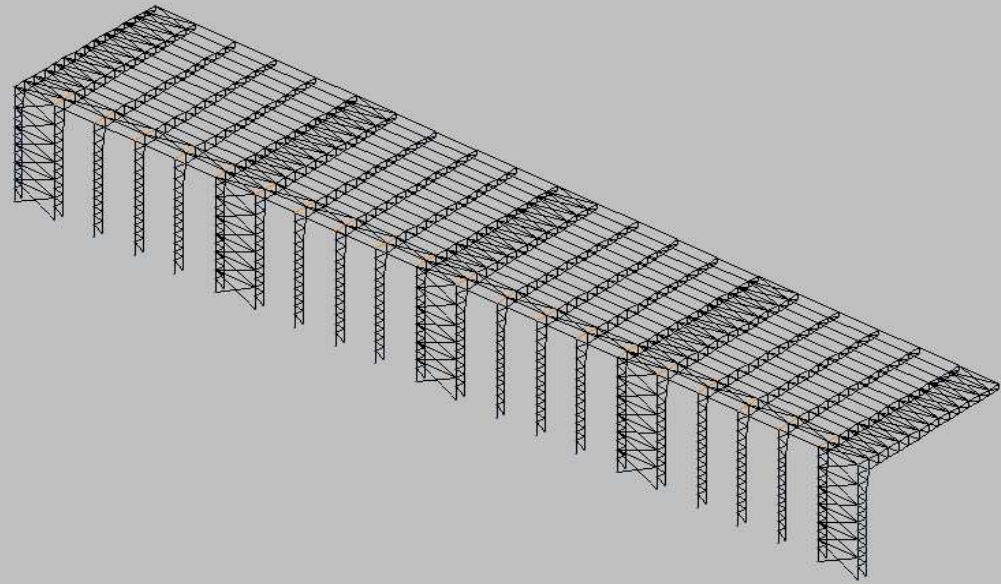
Grupo	Descripción grupo
G29	Todas las barras longitudinales que unen pilares traseros de pórticos consecutivos
G30	Todas las barras longitudinales que unen los cordones superiores de todos los pórticos excepto la segunda y tercera filas de barras
G31	La segunda y tercera filas de barras longitudinales que unen los cordones superiores de todos los pórticos
G32	Todas las barras (montantes) que conforman los pilares delanteros de los pórticos extremos
G33	Todas las barras (montantes) que conforman los pilares traseros de los pórticos extremos
G34	Todas las barras (montantes) que conforman los pilares (traseros y delanteros) de los pórticos centrales

A continuación, y con objeto de facilitar la identificación de cada uno de los grupos de barras, se muestra una tabla en la que queda reflejado de forma gráfica cada uno de dichos grupos en que se ha dividido la estructura:



Grupo	Representación grupo
G1	
G2	



Grupo	Representación grupo
G3	
G4	



Grupo	Representación grupo
G5	
G6	

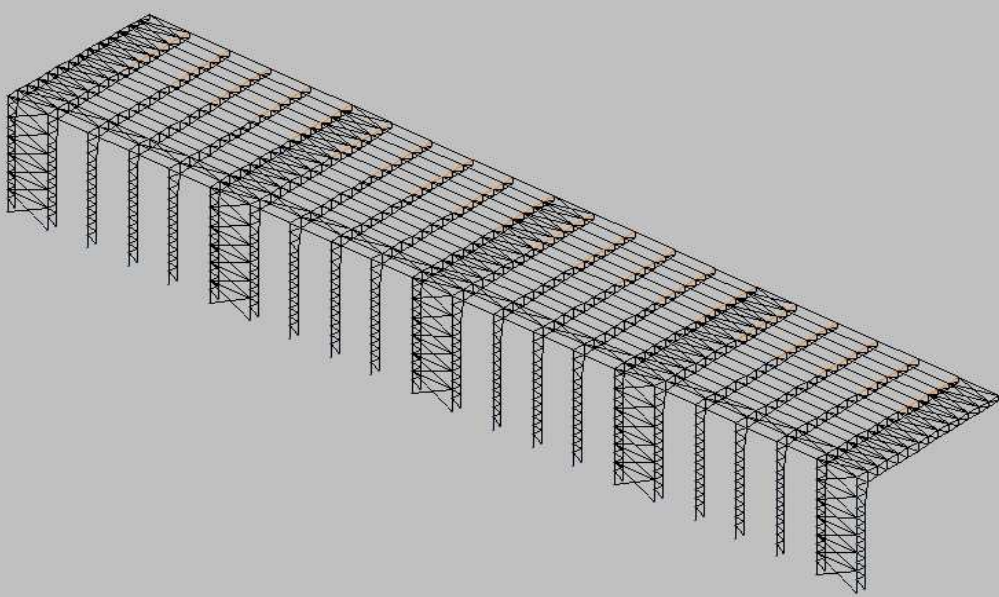
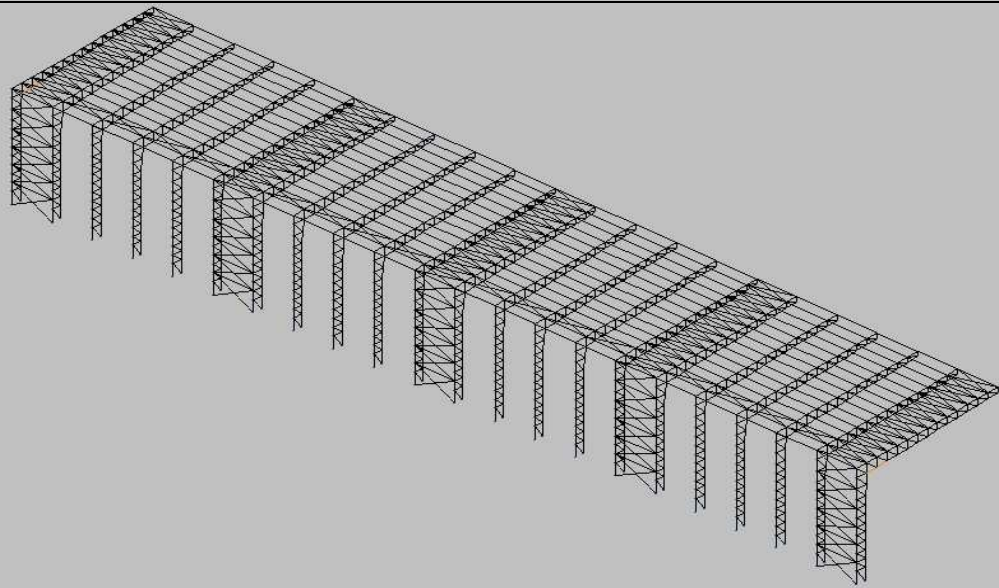


Grupo	Representación grupo
G7	
G8	

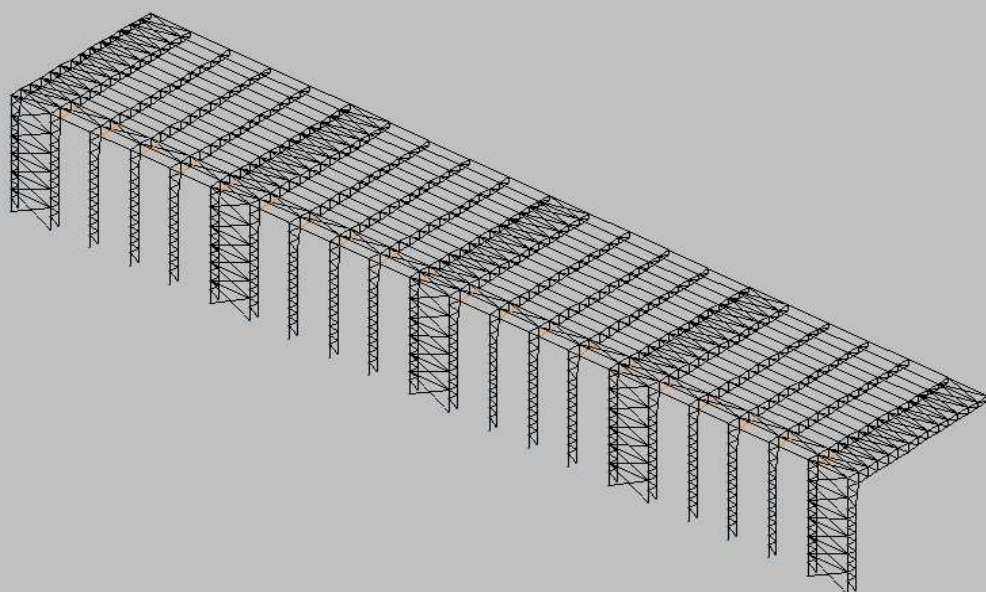
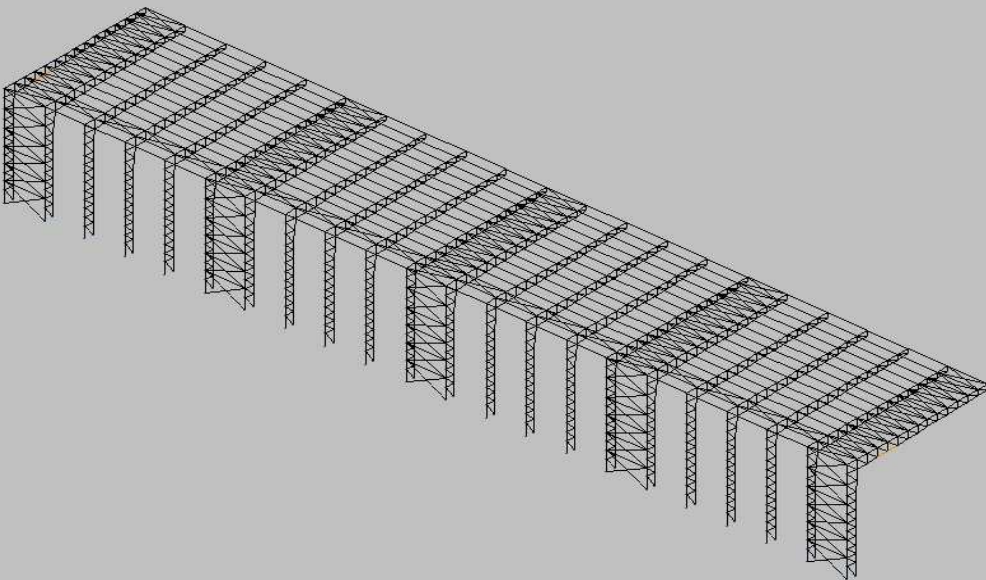


Grupo	Representación grupo
G9	
G10	



Grupo	Representación grupo
G11	
G12	

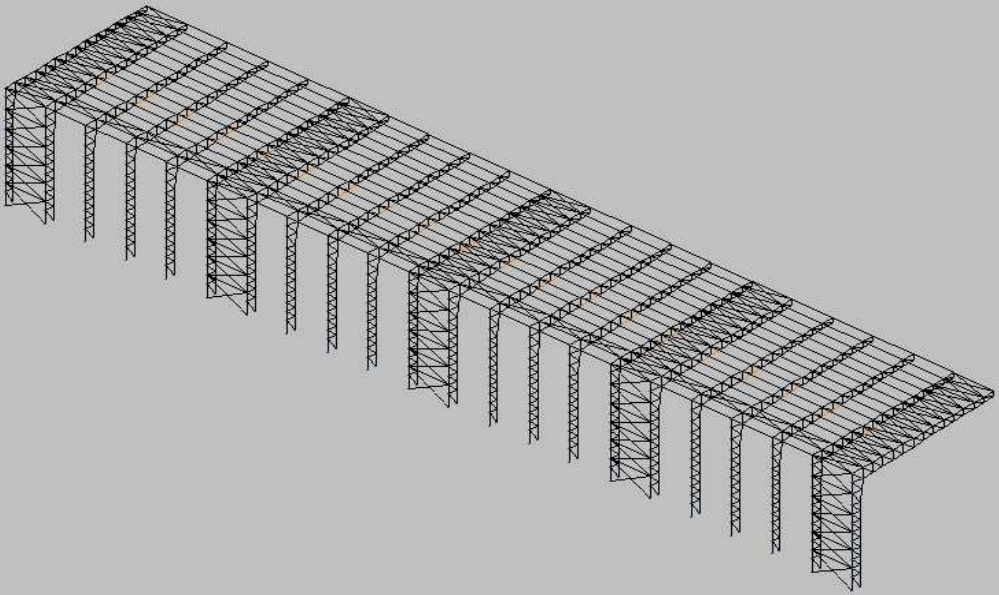
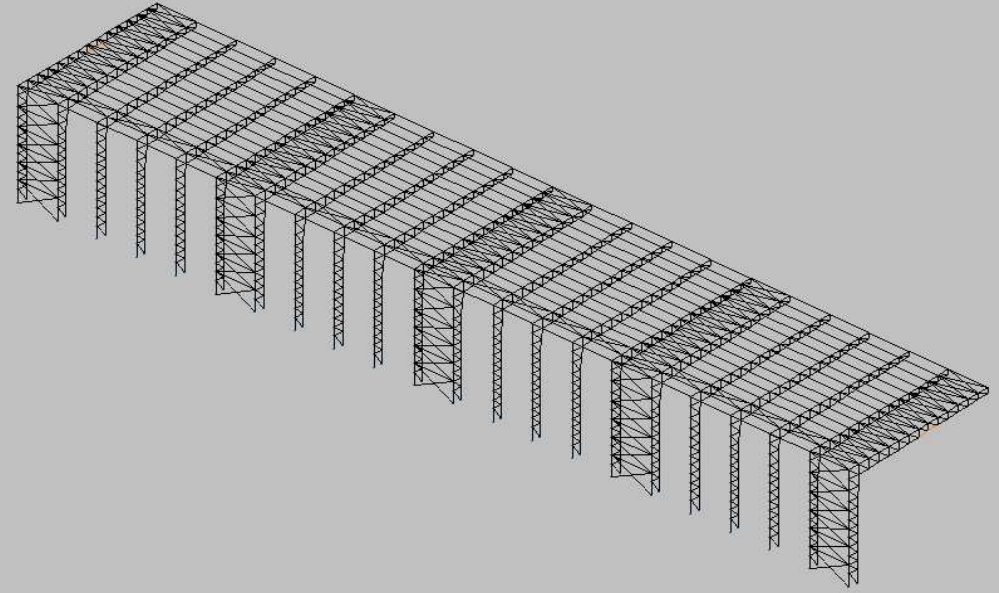


Grupo	Representación grupo
G13	
G14	



Grupo	Representación grupo
G15	
G16	



Grupo	Representación grupo
G17	
G18	



Grupo	Representación grupo
G19	
G20	

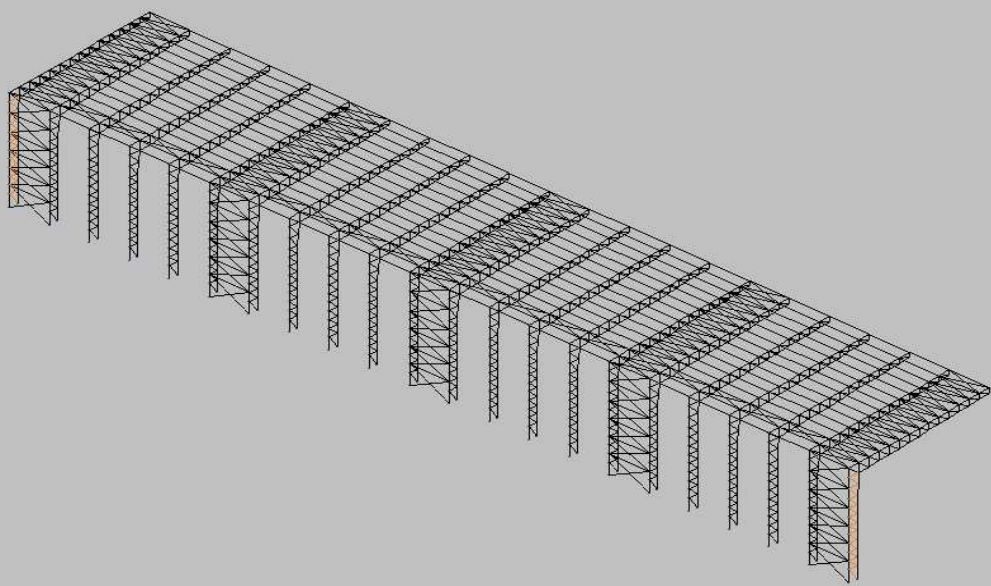
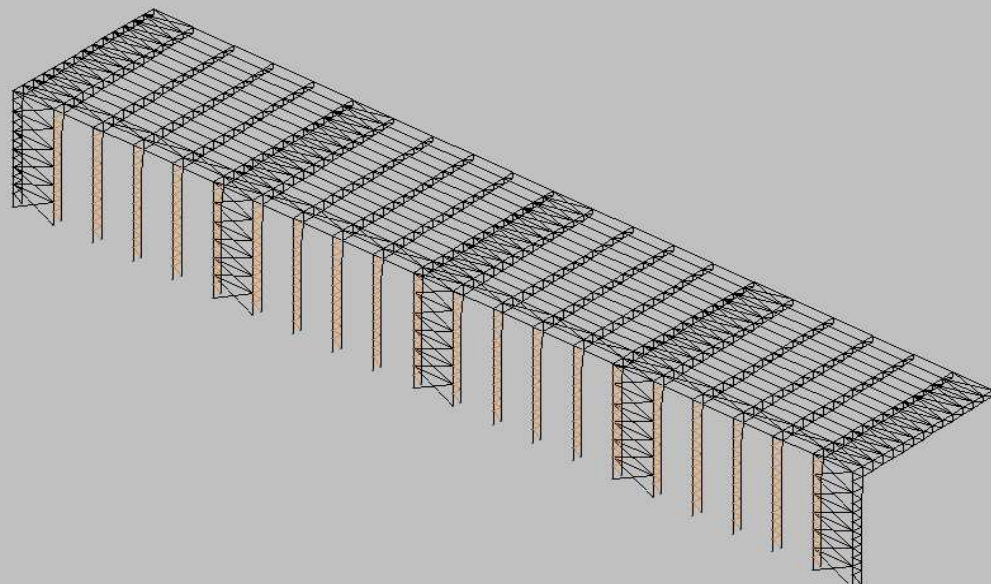


Grupo	Representación grupo
G21	
G22	

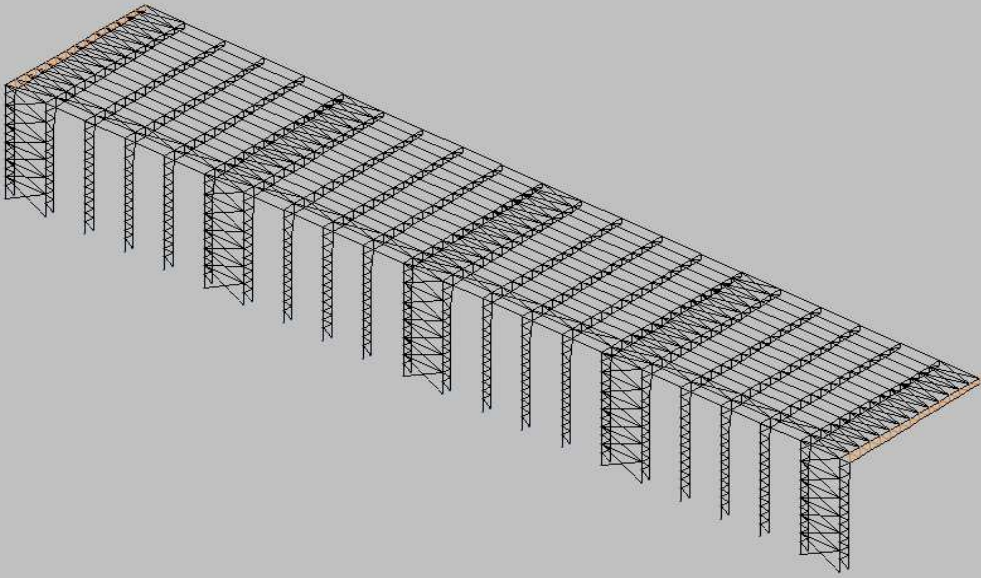
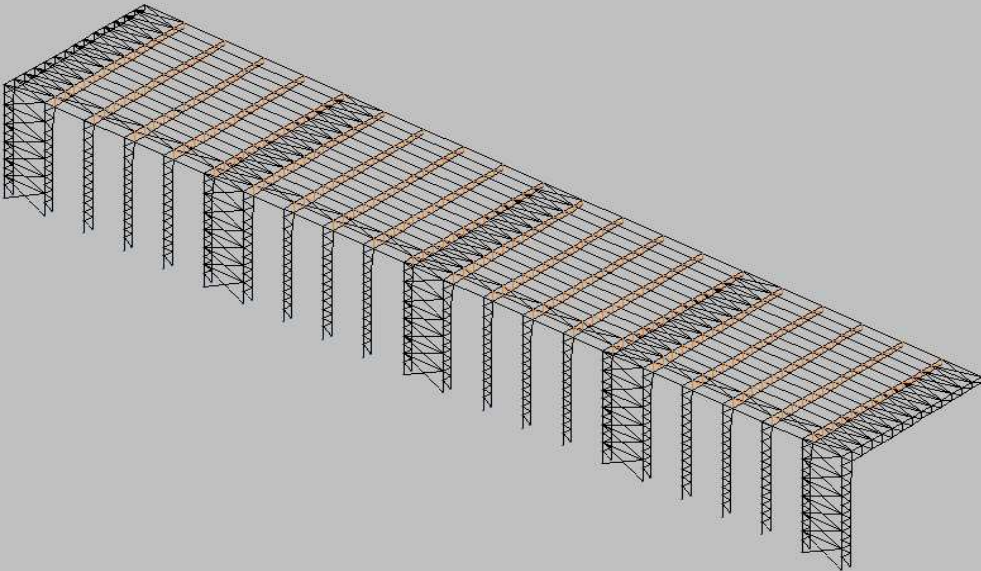


Grupo	Representación grupo
G23	
G24	



Grupo	Representación grupo
G25	
G26	



Grupo	Representación grupo
G27	
G28	



Grupo	Representación grupo
G29	
G30	



Grupo	Representación grupo
G31	
G32	



Grupo	Representación grupo
G33	
G34	

En la sección “Resultados del cálculo” (capítulo 1.9) se analizará el tamaño de perfil obtenido mediante la aplicación informática para cada uno de los grupos de barras.



1.7.2.9 Fabricación de barras

Fabricar de forma individual las 2772 barras de que consta la estructura conllevaría un gasto muy elevado puesto que durante el montaje el número de uniones a realizar sería desproporcionado. Por esta razón (así como por otras anteriormente expuestas), en el subapartado precedente se dividieron las diversas barras que forman la estructura en grupos, con objeto de fabricar de una sola pieza (siempre que sea posible) todas las barras pertenecientes a un mismo grupo, de tal manera que el número de uniones a realizar en el montaje quede reducido. Sin embargo, se ha tener en cuenta que las barras deben de tener una longitud limitada, puesto que de lo contrario serían muy poco manejables, complicándose de manera notable las tareas de transporte y unión dentro del taller. De conformidad a esto, a continuación se va a describir como se van a fabricar las barras.

A excepción de los perfiles que conforman los grupos G32, G33 y G34, todos aquellos que estén presentes en los pórticos metálicos serán fabricados individualmente menos los que pertenezcan a un mismo grupo y sean colineales, que se fabricarán de una sola pieza con objeto de ahorrar gastos de montaje y unión, ya que de lo contrario sería necesario realizar muchas uniones de barras cortas de igual perfil, cuando resulta mucho más favorable desde un punto de vista económico fabricar todas de una sola pieza.

Las barras pertenecientes a los grupos G32, G33 y G34 son las que conforman los pilares de los pórticos, estas barras no pueden fabricarse de una sola pieza a pesar de que sean colineales y pertenezcan a un mismo grupo, puesto que la longitud sería tan elevada (más de 12 m) que dificultaría el transporte de las mismas dentro del taller. Por ello, se dividirán los pilares traseros en dos partes, que serán fabricadas de una sola pieza en taller para después ser unidas para dar forma a los pórticos. La primera de estas partes estará formada por las seis barras mas bajas del pilar mientras que la segunda lo estará por las seis más altas. Los pilares delanteros se dividirán en tres partes; la primera estará formada

por las cuatro barras más bajas, la segunda por las cinco siguientes barras más bajas, y por último, la tercera estará conformada por las dos barras más elevadas del pilar (que tienen una ligera inclinación respecto a la vertical).

A continuación se expone una imagen en la que se muestra como se dividen las barras que conforman un pórtico tipo desde el punto de vista de su fabricación:

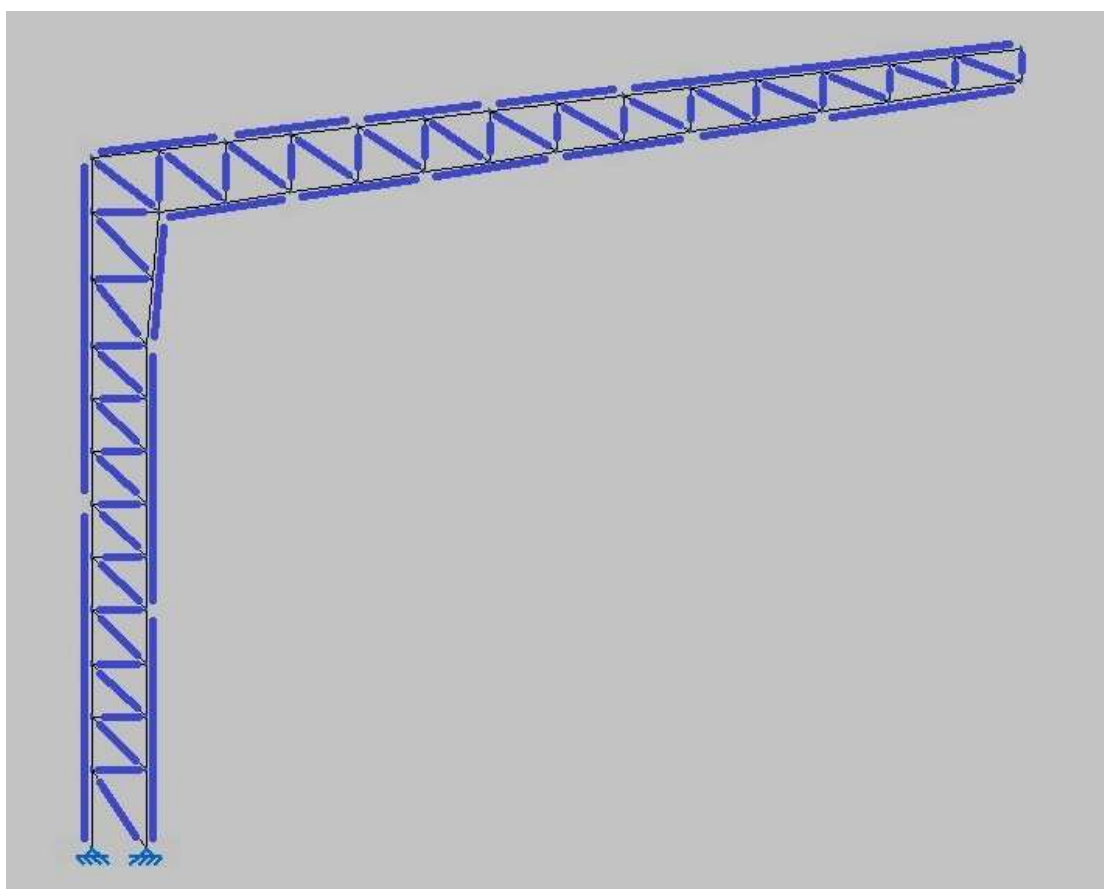


Figura 46 – División de barras de un pórtico según su fabricación

En la imagen anterior queda reflejada como será la división (según su fabricación) de las barras que componen los pórticos, sin embargo, una vez creadas estas barras y con objeto de reducir gastos, serán unidas en taller, pero no para formar

completamente el pórtico, sino en dos partes, de tal forma que dichas partes puedan ser transportadas mediante camiones hasta la obra, donde se unirán para dar lugar al pórtico. Se construye el pórtico en dos partes en taller porque si se construyese entero, para llevarlo hasta la obra sería necesario realizar un transporte por aire, lo cual encarecería notablemente el coste de la misma. En la siguiente imagen se muestra la forma en la que se montarán las dos partes del pórtico:

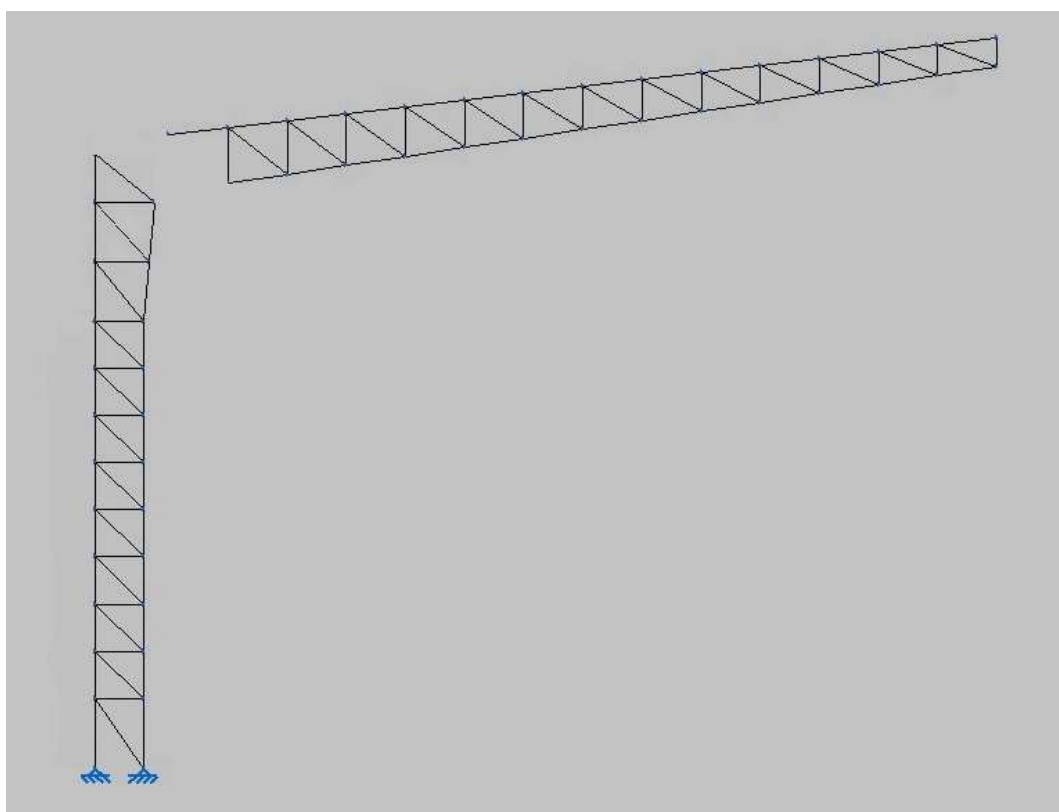


Figura 47 – División en partes de un pórtico según transporte

Los perfiles no pertenecientes a los pórticos son los correspondientes a todos los arriostrados y todas las barras longitudinales que unen pórticos consecutivos, es decir, las barras pertenecientes a los grupos G1, G2, G29, G30 y G31. Estas barras serán fabricadas de forma individual en el taller y trasladadas desde allí al



estadio, donde se unirán entre sí y a los pórticos.

1.7.2.10 Material de cubrición

Para techar la cubierta metálica se abre un enorme elenco de posibilidades, a saber; chapa de acero perfilada (con muy diversos perfiles), chapa de acero lisa, panel de sándwich, panel composite de aluminio, panel de sándwich de aluminio, placas plásticas o incluso placas de cristal. De todas estas posibilidades, se descarta en un primer momento todo tipo de techos consistentes en paneles, pues dos de las principales funciones de estos cerramientos son las de aislamiento térmico y climático, funciones estas, con las que no tiene sentido contar en una estructura abierta como la cubierta metálica analizada. Además, la opción de los paneles es mucho más cara que las otras. También se descartan por razones económicas los cristales o las placas plásticas. Finalmente se opta por la chapa de acero perfilada frente a la lisa por su mayor resistencia.

La chapa de acero perfilada cumple con la única función que se le exige para poder ser utilizada como elemento de techado en la cubierta; la protección contra los agentes atmosféricos. Al no estar preparada para otros desempeños (como los paneles de sándwich), su coste es relativamente bajo y además su instalación es sencilla por su bajo peso. Se puede concluir a este respecto que (siempre al amparo de lo dictado por el CTE-DB-HS (Salubridad) en el punto 2.4 del mismo) con la inclusión de la chapa metálica como elemento de cubrición es suficiente para satisfacer las necesidades de aislamiento e impermeabilidad, no estimándose necesaria la inclusión de otro tipo de materiales o barreras.

Una vez justificada la elección de la chapa metálica, se ha de elegir al proveedor de la misma. El número de empresas que comercializan este producto es muy numeroso, por eso, elegir una compañía resulta difícil, pero basándonos en la gran popularidad y reconocimiento de los que puede presumir, se ha escogido a la empresa ArcelorMittal como proveedora de la chapa metálica perfilada. En

concreto, el modelo elegido es el de la gama TRAPEZA.

A continuación sigue una imagen en la que se puede apreciar el diseño de la chapa perfilada escogida:

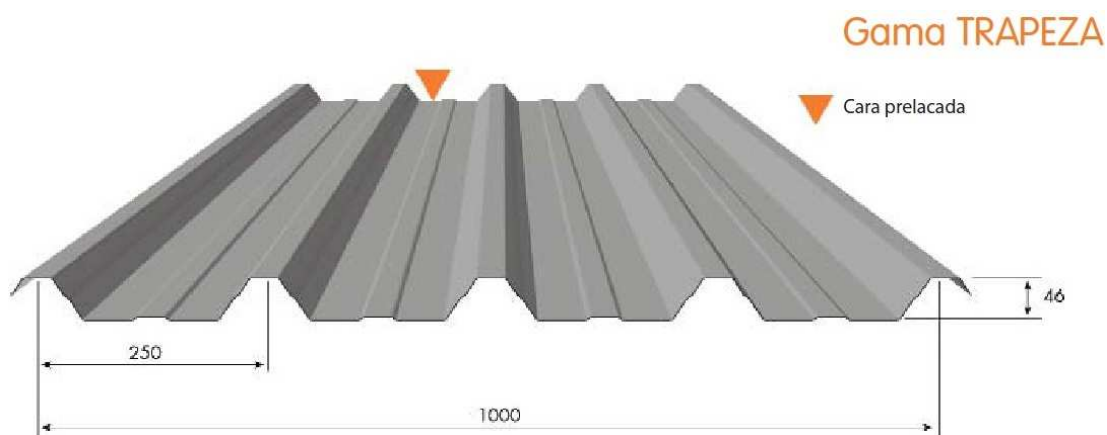


Figura 48 – Chapa trapezoidal de la gama Trapeza (dimensiones en mm)

El CTE-DB-HS (Salubridad) en su apartado 2.4.3.1 “Sistemas de formación de pendientes” fija la inclinación mínima de una cubierta en función del material de cubrición con el que se techa. Esta información queda recogida en la siguiente tabla:



Pendientes de cubiertas inclinadas			Pendiente mínima en %
Tejado	Teja	Teja curva	32
		Teja mixta y plana monocanal	30
		Teja plana marsellesa o alicantina	40
		Teja plana con encaje	50
	Pizarra		60
	Cinc		10
			10
			10
	Fibro cemento	Placas simétricas de onda grande	10
		Placas asimétricas de nervadura grande	10
		Placas asimétricas de nervadura media	25
	Sintéticos	Perfiles de ondulado grande	10
		Perfiles de ondulado pequeño	15
		Perfiles de grecado grande	5
	Placas y perfiles	Perfiles de grecado medio	8
		Perfiles nervados	10
		Galvanizados	15
	Aleaciones ligeras	Perfiles de ondulado pequeño	5
		Perfiles de grecado o nervado grande	5
		Perfiles de grecado o nervado medio	8
	Paneles	Perfiles de nervado pequeño	10
			5
			15

Figura 49 – Pendientes de cubiertas inclinadas según CTE

Como se puede ver en la tabla anterior, para perfiles de grecado o nervado medio se requiere una pendiente mínima del 8% mientras que para los de nervado grande se necesitan pendientes mínimas del 5%, sin embargo el CTE no define lo que es un nervado grande, pequeño o medio. Esto obliga a determinar el tamaño del nervado mediante criterios subjetivos, de los cuales se considera el más objetivo el consistente en comparar el nervado elegido con otro tipo de nervados, y de esta comparación se deduce que el grecado escogido no es pequeño. Determinado esto, poco importa que realmente el tamaño sea medio o grande, pues como ya se ha referido anteriormente, el plano superior de la cubierta tiene una inclinación de $6,68^\circ$, lo cual se traduce en una pendiente del 11,71%, que es superior a la pendiente mínima requerida tanto para grecados grandes como medianos.

En lo referente al espesor de la chapa, como más adelante se podrá comprobar, la máxima sobrecarga por unidad de superficie a la que se va a ver sometido el techado es de 36,28 MPa, y según este dato y teniendo en cuenta la relación entre grosor de chapa, luz y sobrecarga, mostrada en la siguiente tabla, se colige



que el grosor necesario para la chapa metálica es de 1,2 mm.

2 APOYOS 	Luz en metros									
Espesor (mm)	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25
0,60	190	143	104	78						
0,70	235	172	125	94						
0,80	282	198	144	108	83					
1,00	358	252	183	138	106	83				
1,20	430	302	220	165	127	100	80			

Sobrecargas en Kg/m². Cálculos realizados para $F = L/200$.

Figura 50 – Sobrecargas para chapas trapezoidales en función de la luz

Respecto a la normativa correspondiente al CTE, en el apartado de Seguridad Estructural Acero (SE-A), concretamente en el punto 4.2 del mismo, se fijan las dimensiones máximas del grosor de chapa, sin embargo no se limitan las dimensiones mínimas, por lo que la opción de 1,2 mm no queda contravenida por lo dictado en dicho código.

Espesor máximo (mm) de chapas									
Grado	0 °C			Temperatura mínima -10 °C			-20 °C		
	JR	J0	J2	JR	J0	J2	JR	J0	J2
S235	50	75	105	40	60	90	35	50	75
S275	45	65	95	35	55	75	30	45	65
S355	35	50	75	25	40	60	20	35	50

Figura 51 – Espesor de chapas según el CTE

Por último, con objeto de evacuar las aguas pluviales se instalará un canalón conformado a base de elementos de protección prefabricados o realizados in situ tal y como dicta el punto 2.4.4.2.9 del CTE-DB-HS (Salubridad), siendo el material utilizado PVC rígido. Este canalón será de sección semicircular, tendrá un

diámetro de 200 mm y se fijará a la cubierta mediante elementos mecánicos, además estará conectado al bajante. El canalón nacerá en el centro del largo de 105 metros de la cubierta metálica en la parte inferior del plano sobre el que reposan las chapas trapezoidales, y correrá junto a dicho largo con una inclinación de un 2% hasta desembocar en los sumideros plásticos paralelos a los pilares traseros de los pórticos extremos de la estructura. Al igual que el canalón, los sumideros también serán de PVC rígido. Su sección será circular de 200 mm y se unirá a los pilares junto a los que discurre mediante fijaciones mecánicas. La siguiente imagen ilustra la disposición que se ha descrito:

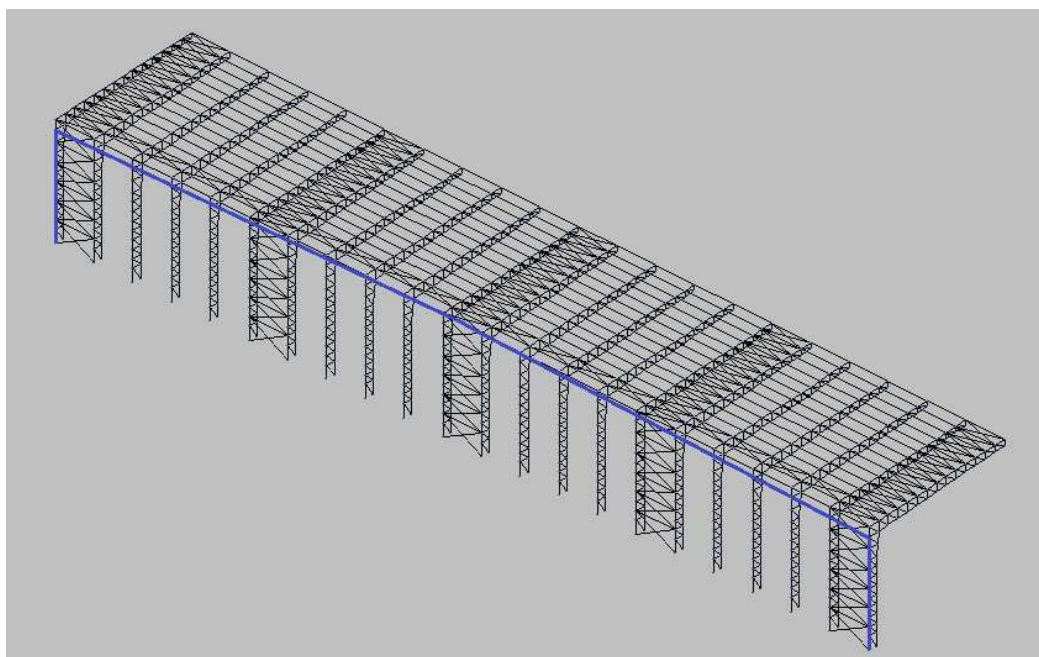


Figura 52 – Recorrido del canalón

Asimismo, siguiendo siempre las indicaciones del CTE del punto anteriormente referido, las chapas metálicas que vierten sobre el canalón sobresaldrán 5 cm sobre el mismo, además, el borde exterior del canalón quedará situado por debajo del interior. Estos dos detalles constructivos se ilustran en la siguiente imagen:



Figura 53 – Detalle constructivo del canalón



CAPÍTULO 1.8. METODOLOGÍA DE CÁLCULO

1.8.1 METODOLOGÍA DE CÁLCULO Y OPTIMIZACIÓN DE LA CUBIERTA

Aunque la geometría de la cubierta está claramente definida, para determinar el tamaño óptimo de los perfiles que conforman la estructura resulta necesaria la utilización de un método de cálculo, y dentro del mismo es indispensable el uso de un programa informático, programa que tal y como se ha referido anteriormente, será CYPE, concretamente el módulo Nuevo Metal 3D.

A continuación se expone un listado de las etapas que conforman el método de cálculo junto a una breve descripción de las mismas, teniendo siempre presente que en la sección “Memoria de cálculos” (documento 2) se analizará todo el proceso de una forma más minuciosa y profunda. Las etapas son las siguientes:

- Determinación de cargas por unidad de superficie: Las cargas actuantes sobre la cubierta se transmitirán a ésta a través del techado, por tanto, el primer paso del método consiste en determinar las cargas por unidad de superficie actuantes sobre la cubierta. Estas cargas se hallarán de acuerdo a lo dictado en el CTE y serán de distintos tipos, a saber; carga permanente, sobrecarga de uso, sobrecarga de nieve y sobrecarga de viento.
- Determinación de las cargas actuantes sobre los nudos: Las cargas ejercidas sobre el techado se transmiten a los nudos que están en contacto con el mismo. De esta manera, una vez determinadas las cargas por unidad de superficie, se deben transformar estas cargas distribuidas en puntuales para conocer las acciones hechas sobre las uniones.
- Cálculo mediante Nuevo Metal 3D: Una vez se han obtenido las cargas actuantes sobre los nudos, se introducen éstas junto a la geometría de la estructura en el programa informático para que éste calcule el tamaño de perfil necesario para cada una de las barras de la estructura.



1.8.2 METODOLOGÍA DE DISEÑO, CÁLCULO Y OPTIMIZACIÓN DE LOS PÓRTICOS DE HORMIGÓN ARMADO

Como ha quedado referido a lo largo del proyecto, el número de diferentes pórticos de hormigón armado presentes en el estadio es de cuatro. Para conseguir desarrollar la geometría óptima para cada uno de esos pórticos resulta necesario utilizar una metodología de diseño, cálculo y optimización. En el presente apartado únicamente se describirá dicha metodología, relegando todos los informes referentes a su aplicación en cada uno de los cuatro pórticos a la sección “Memoria de cálculos” (documento 2).

Anteriormente se ha dicho que el método de diseño y cálculo utilizado con los pórticos de hormigón es iterativo. A continuación se va a detallar de una forma más minuciosa dicho procedimiento.

La metodología de cálculo aplicada a los pórticos de hormigón consta de las siguientes fases:

- Predimensionamiento del pórtico.
- Elección del pórtico más exigido.
- Determinación de cargas.
- Transformación de cargas.
- Cálculo con CYPECAD

A continuación se explicará en que consiste cada una de estas etapas:

- Predimensionamiento del pórtico: El primer paso de este proceso consiste en predimensionar un pórtico que encaje en las ubicaciones del estadio en las que se



requiere tal estructura.

- Elección del pórtico más exigido: Para el diseño y cálculo de los diferentes pórticos se ha recurrido al análisis del caso en el que cada uno de esos cinco pórticos está localizado en la ubicación del estadio en la que se ve sometido al estado de cargas más exigente (teniendo en cuenta peso propio, sobrecargas de uso, nieve y viento), ya que si el pórtico es diseñado para soportar las cargas que va a sufrir en esa posición, lógicamente también aguantará las de otras ubicaciones menos exigentes en cuanto a esfuerzos. Ésta es una política un tanto conservadora, aunque también segura, y además económica, ya que si hubiera que elaborar pórticos de distintos grosores para cada una de las diferentes posiciones en las que un mismo tipo de pórtico puede ubicarse, el coste aumentaría de forma notable. De hecho, los gastos derivados de la realización de tantos diseños distintos serían mucho mayores que los pequeños ahorros que podrían obtenerse de un análisis que abordara la optimización de todos los pórticos presentes en el estadio.

- Determinación de cargas: El tercer paso de este método de cálculo y diseño de pórticos radica en determinar las diferentes cargas que actúan sobre cada uno de los pórticos, entre las que se incluyen cargas correspondientes al peso propio, sobrecarga de uso, cargas de nieve y cargas de viento. A continuación se expondrá una breve clasificación de las cargas de cada tipo que actúan sobre el pórtico:

- Peso propio (Q): Para determinar esta carga se suman el peso de las vigas horizontales prefabricadas que dan lugar a los asientos, el peso de los asientos y/o barandillas que reposan sobre esas vigas (caso de haberlos), así como el de las placas de remate y el de los antepechos (también en caso de haberlos).

- Sobrecarga de uso (G): Ésta es la sobrecarga que se debe al peso de todos los objetos que pueden reposar sobre la estructura, incluso durante



el periodo de ejecución del proyecto.

- Sobrecarga de nieve (N): Esta sobrecarga es debida al peso de la nieve reposa sobre la estructura.

- Sobrecarga de viento (V): Esta sobrecarga es la que deviene del azote del viento sobre la estructura.

- Transformación de cargas: Una vez determinadas todas las cargas actuantes sobre el pórtico objeto de análisis, el próximo paso es hallar las diferentes cargas por unidad de longitud para así poder introducirlas en el programa informático. Para ello se divide cada una de las cargas totales entre la longitud proyectada de la parte de la viga inclinada sobre la que actúan, excepto lógicamente, en las cargas actuantes sobre los pilares. Se utiliza la longitud proyectada en lugar de la longitud de la viga inclinada porque todas las sobrecargas actuantes sobre la viga inclinada del pórtico tienen solo componente vertical, a excepción de la sobrecarga de viento, pero incluso esta sobrecarga se considera como vertical, de tal manera que se contempla un caso todavía más exigente para la estructura que el real, puesto que en este último caso la componente horizontal de la fuerza resultaría despreciable debido a que ésta causa esfuerzos de compresión en la viga, que son los que mejor pueden ser resistidos por la misma. Este criterio se aplicará en el cálculo de todos y cada uno de los pórticos analizados en el presente proyecto:

- Cálculo con CYPECAD: Este paso consiste en introducir la geometría pre-dimensionada del pórtico así como las cargas actuantes sobre dicha geometría (cargas previamente obtenidas en la etapa de determinación de cargas) en el módulo CYPECAD del programa CYPE. Esta herramienta informática, al contrario que otros módulos de CYPE, no dimensiona la estructura ni la optimiza, por lo que se ha desarrollado una estrategia basada en la iteración (muy utilizada en este programa) para poder optimizar las medidas de la estructura. Siguiendo esta norma, lo que se ha hecho para dimensionar la estructura de forma adecuada ha



sido ir aumentando o disminuyendo las dimensiones de los pilares o vigas en 5 cm (esta cifra esta basada en las propias recomendaciones del programa, que aconseja usar múltiplos de dicho número) en función de si los resultados del cálculo indican que los pilares o vigas resisten o no, hasta dar con la estructura capaz de soportar todos los esfuerzos a los que se ve sometida. Todo ello con un margen de error (siempre por exceso que no por defecto) de cinco centímetros, lógicamente.



CAPÍTULO 1.9. RESULTADOS DEL CÁLCULO

1.9.1 RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LA CUBIERTA METÁLICA

1.9.1.1 Barras metálicas

Mediante el proceso de cálculo se han optimizado los tamaños de los perfiles que componen la estructura metálica. A continuación se expone una tabla con los perfiles resultantes para cada uno de los grupos de barras en los que se dividió la cubierta en la sección “Agrupación de barras” (subapartado 1.7.2.8).

Grupo	Tamaño de los perfiles
G1	HEA 140
G2	HEA 120
G3	HEB 180
G4	HEB 240
G5	HEB 180
G6	HEB 200
G7	HEB 160
G8	HEB 180
G9	HEB 120
G10	HEB 140
G11	HEB 100
G12	HEB 200
G13	HEB 260
G14	HEB 180
G15	HEB 240
G16	HEB 160
G17	HEB 200
G18	HEB 140



Grupo	Tamaño de los perfiles
G19	HEB 160
G20	HEB 100
G21	HEB 140
G22	HEB 100
G23	HEB 220
G24	HEB 300
G25	HEB 120
G26	HEB 100
G27	HEB 100
G28	HEB 100
G29	HEA 120
G30	HEA 120
G31	HEA 140
G32	HEB 220
G33	HEB 180
G34	HEB 300

1.9.1.2 Zapatas

Como ya se dijo anteriormente en la sección “Cimentación” (subapartado 1.7.2.2), solo hay dos tipos de zapatas distintas en la estructura de la cubierta metálica; las correspondientes a los pilares de los pórticos extremos y las correspondientes a los pilares de los pórticos centrales. Las dimensiones finales vertidas por la herramienta informática Cype son de 5 x 6,2 x 1,25 m para las 20 zapatas de los pórticos medios y de 4,55 x 5,5 x 1,1 m para las 2 zapatas de los pórticos extremos.



1.9.2 RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LOS PÓRTICOS DE HORMIGÓN ARMADO

1.9.2.1 Pórticos de hormigón armado

Con la herramienta informática han sido optimizadas las dimensiones variables de los pórticos que conforman la estructura. Dichas dimensiones son el ancho y el alto de la viga inclinada y el lado de la sección de los pilares (ya que todos son de sección cuadrada), las demás dimensiones de los pórticos, tales como la altura de los pilares o la inclinación de las vigas inclinadas no pueden ser variadas ya que responden a necesidades constructivas.

Las dimensiones variables finales de cada uno de los elementos que conforman los cuatro tipos de pórticos distintos presentes en la estructura son las que se muestran en la siguiente tabla:

Pórtico	Canto de la viga inclinada	Ancho de la viga inclinada	Lado del pilar trasero	Lado del pilar delantero
Pórtico porta-gradas	75 cm	40 cm	40 cm	-
Pórtico de entrada	25 cm	25 cm	25 cm	-
Pórtico de entrada especial	35 cm	25 cm	25 cm	-
Pórtico de entrada especial trasero	85 cm	25 cm	35 cm	25 cm



La geometría final completa de los cuatro distintos pórticos que sustentan las gradas de la estructura será mostrada con detenimiento en la sección “Planos” (documento 3).

1.9.2.2 Elementos de sustentación de los pórticos de hormigón armado

Los elementos de sustentación de los pórticos de hormigón armado son los pilares de frenado y las zapatas sobre las que reposan los extremos de las vigas inclinadas y los pilares. A continuación se expone una tabla que refleja las dimensiones finales de estos elementos de sustentación para la totalidad de los pórticos de hormigón presentes en la estructura. Cabe destacar que no aparece fijada la altura de ninguno de los pilares de frenado ya que ésta es de medio metro para la totalidad de los mismos.

Pórtico	Zapata delantera	Zapata trasera	Anchura del pilar de frenado	Profundidad del pilar de frenado
Pórtico porta-gradas	1,6 x 2,35 x 0,95 m	2,4 x 2,4 x 0,6 m	1,25 m	0,3 m
Pórtico de entrada	1,45 x 1,45 x 0,3 m	0,75 x 0,75 x 0,3 m	0,25 m	0,25 m
Pórtico de entrada especial	1,65 x 1,65 x 0,7 m	0,75 x 0,75 x 0,3 m	0,25 m	0,25 m
Pórtico de entrada especial trasero	1,05 x 1,45 x 0,3 m	1,35 x 1,35 x 0,35 m	-	-

1.9.2.3 Módulos

Con el objetivo de que se pueda apreciar la geometría y aspecto finales (tras el cálculo) de los distintos elementos que conforman los pórticos presentes en este proyecto, se van a mostrar imágenes de los seis tipos distintos de módulos de grada (con sus correspondientes pórticos y los elementos de cimentación de los mismos). Estos 6 módulos de graderío presentes en el estadio son los siguientes: módulo recto de 8 m, módulo recto de 8 m con entrada, módulo recto de 7 m, módulo recto de 7 m con entrada, módulo curvo y módulo curvo con entrada.

En la siguiente ilustración se identifican los seis distintos módulos de graderío en que se divide el estadio:

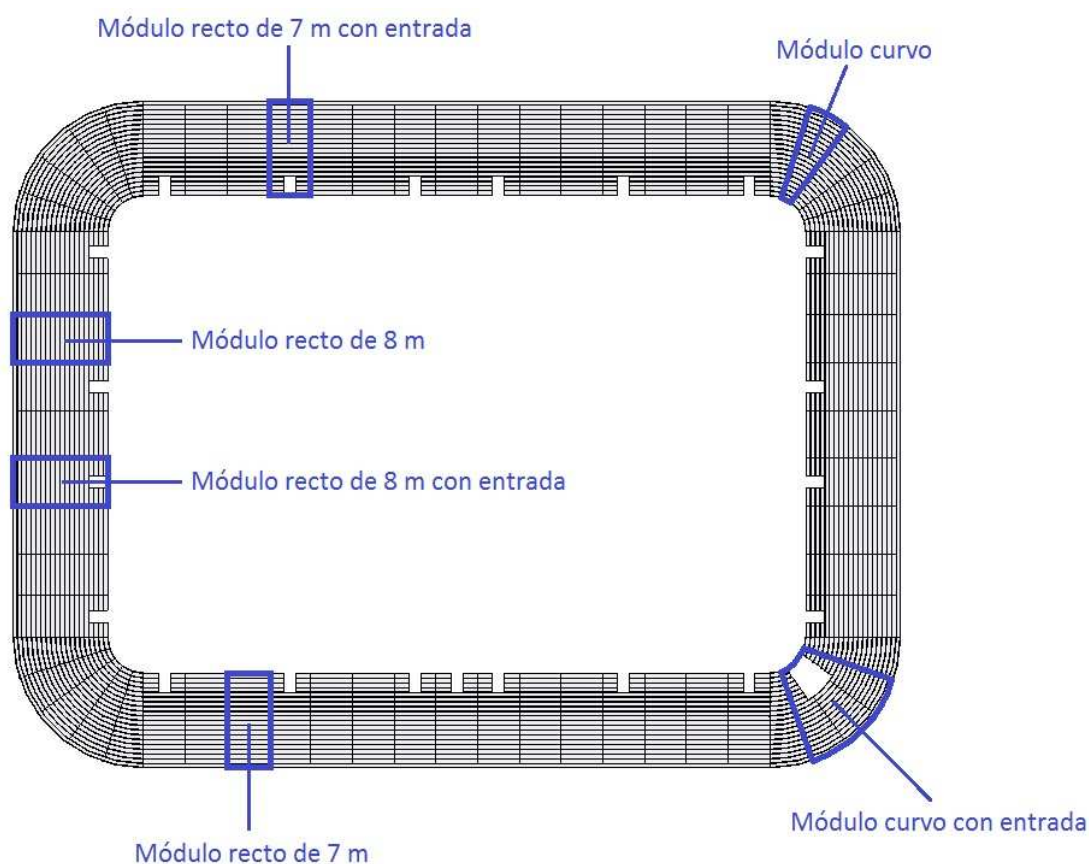


Figura 54 – Módulos presentes en el estadio

Una vez identificados dichos módulos, se precede a la exposición de cada uno de los mismos.

A continuación se muestra una imagen en la que se puede apreciar el módulo recto de 8 m. Está formado por diecinueve vigas prefabricadas rectas de 8 m de longitud, una placa de remate recta de 8 m, un antepecho recto de la misma longitud y de dos pórticos porta-gradas.

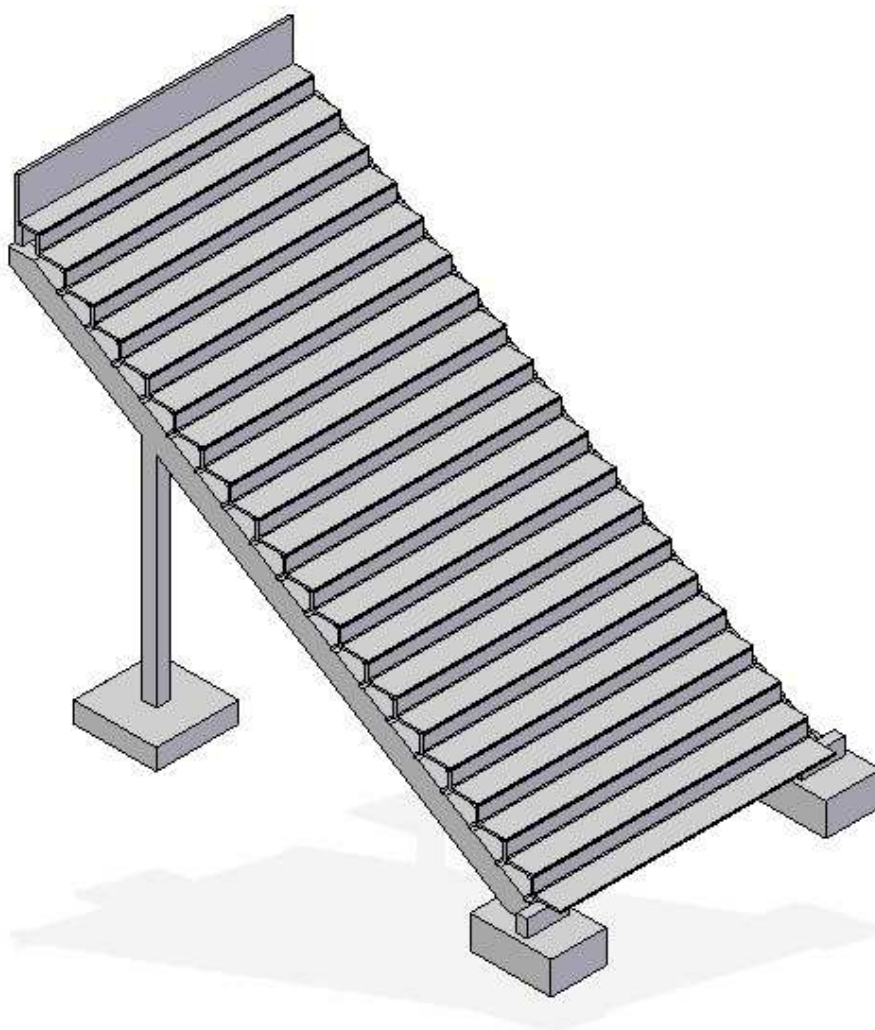


Figura 55 – Módulo recto de 8 m

En la siguiente ilustración se puede apreciar la configuración del módulo recto de 8 m con entrada. Está conformado por quince vigas prefabricadas rectas de 8 m de longitud, ocho vigas prefabricadas rectas de 3 m de longitud, una placa de remate recta de 8 m, un antepecho recto de igual longitud, dos pórticos porta-gradas y dos pórticos de entrada.

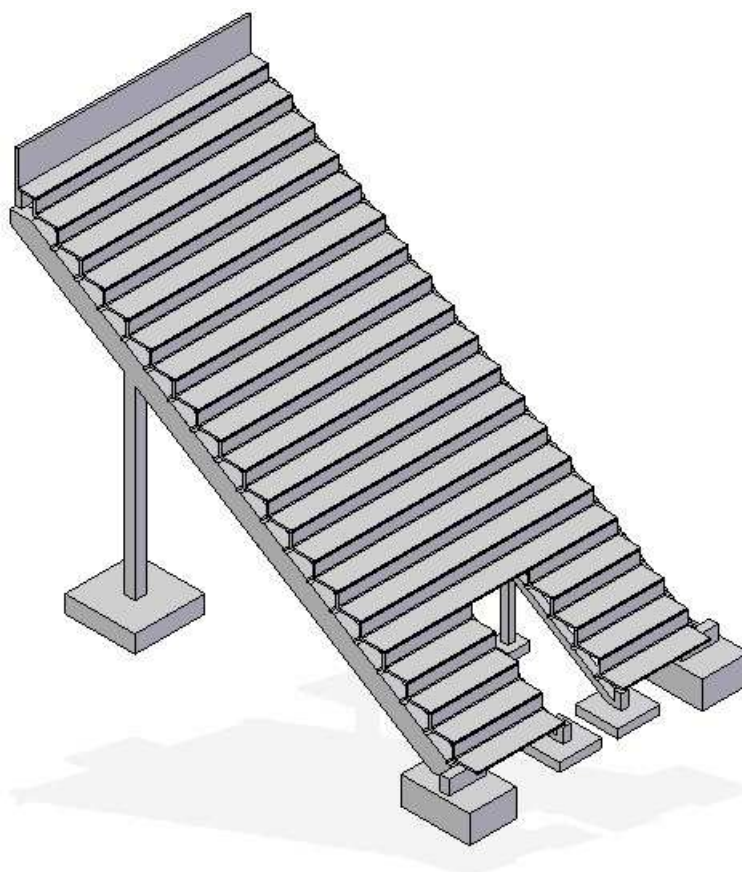


Figura 56 – Módulo recto de 8 m con entrada

La imagen mostrada a continuación ilustra la geometría del módulo recto de 7 m. Dicho módulo consta de diecinueve vigas prefabricadas rectas de 7 m de longitud, una placa de remate recta de 7 m, un antepecho recto de también 7 m de longitud y de dos pórticos porta-gradas.

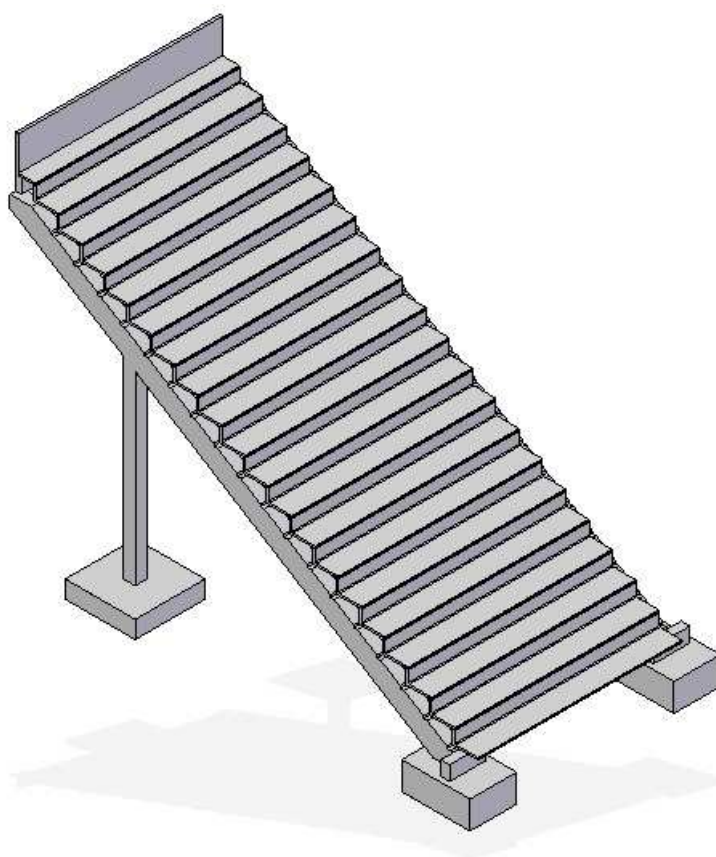


Figura 57 – Módulo recto de 7 m

En la siguiente figura se muestra la forma definitiva del módulo recto de 7 m con entrada. Esta formado por quince vigas prefabricadas rectas de 7 m de longitud, ocho vigas prefabricadas rectas de 2,5 m de longitud, una placa de remate y un antepecho rectos de 7 m, dos pórticos porta-gradas y dos pórticos de entrada.

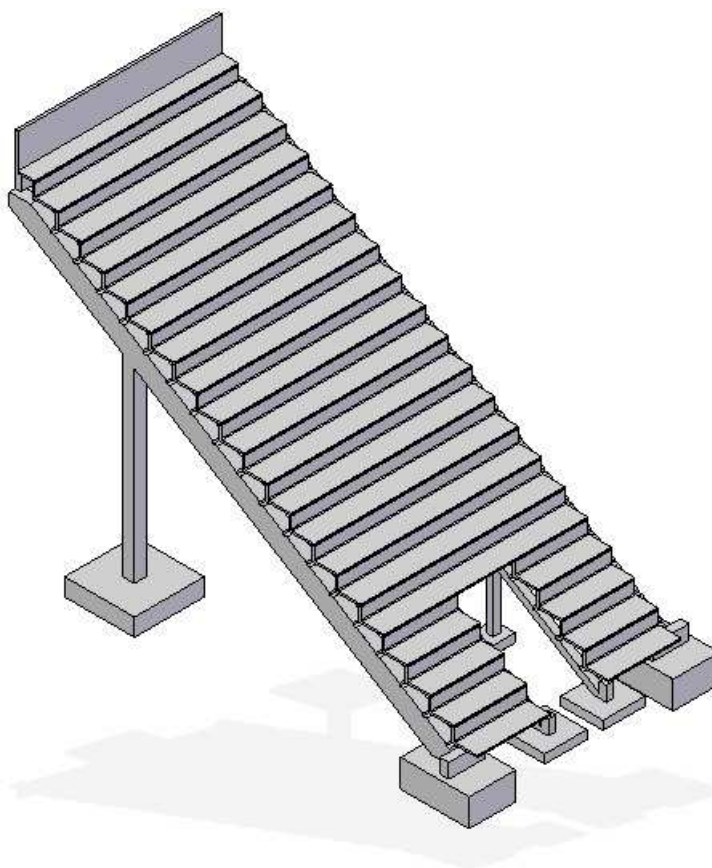


Figura 58 – Módulo recto de 7 m con entrada

La configuración final del módulo curvo es la que se expone en la siguiente instantánea. El módulo consta de diecinueve vigas prefabricadas curvas todas ellas de longitudes distintas, una placa de remate curva, un antepecho curvo y dos pórticos porta-gradas.

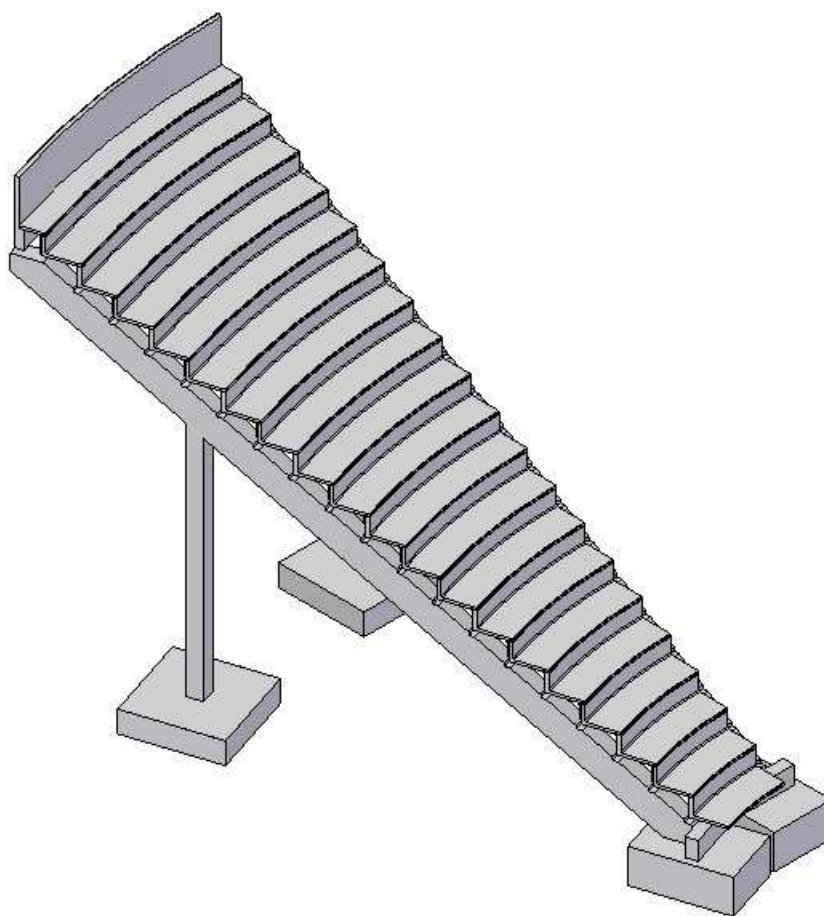


Figura 59 – Módulo curvo

Finalmente, a continuación se muestra el módulo curvo con entrada. Este módulo está formado por cuarenta y nueve vigas prefabricadas curvas de diversas longitudes, tres placas de remate curvas, tres antepechos curvos, dos pórticos porta-gradas, dos pórticos de entrada especial y dos pórticos de entrada especial traseros.

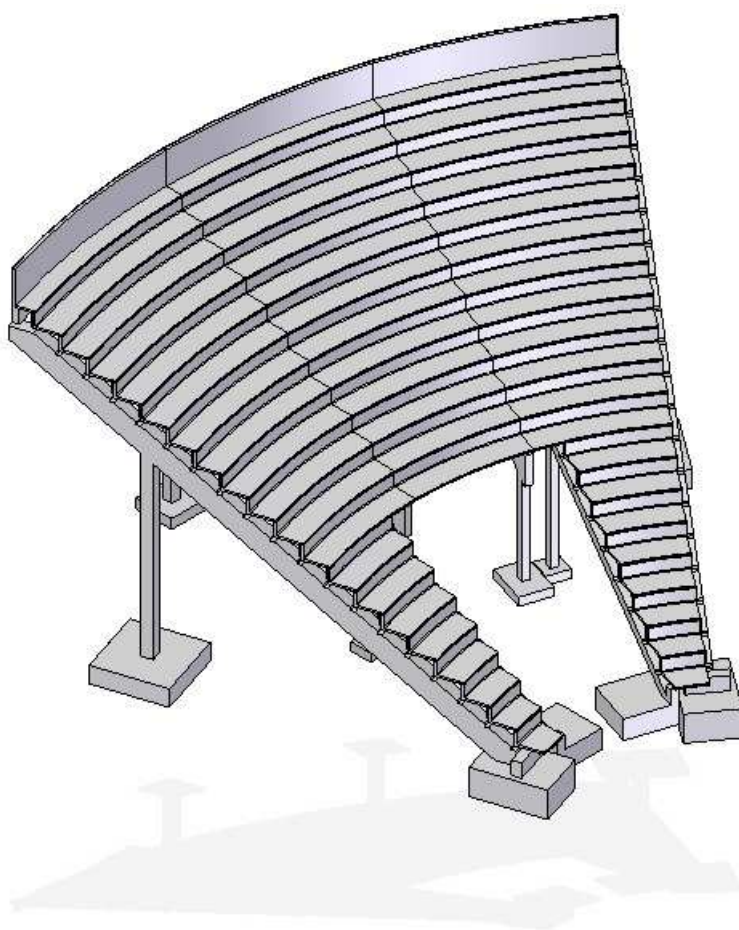


Figura 60 – Módulo curvo con entrada



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE
FÚTBOL

DOCUMENTO MEMORIA DE CÁLCULOS

Marcos Herrero Laborda

Francisco Javier Domínguez Equiza

Tudela, 24 de Abril de 2012



ÍNDICE

CAPÍTULO 2.1. CÁLCULO DE LA CUBIERTA METÁLICA	6
2.1.1 DETERMINACIÓN DE CARGAS POR UNIDAD DE SUPERFICIE	6
2.1.2 DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS ACTUANTES SOBRE LOS NUDOS	20
2.1.3 CÁLCULO MEDIANTE NUEVO METAL 3D	24
CAPÍTULO 2.2. CÁLCULO DE LOS PÓRTICOS DE HORMIGÓN ARMADO.....	26
2.2.1 CÁLCULO DEL PÓRTICO PORTA-GRADAS	26
2.2.1.1 Predimensionamiento del pórtico	26
2.2.1.2 Elección del pórtico más exigido	27
2.2.1.3 Determinación de cargas	28
2.2.1.4 Transformación de cargas	47
2.2.1.5 Cálculo con CYPECAD	49
2.2.2 CÁLCULO DEL PÓRTICO DE ENTRADA	51
2.2.2.1 Predimensionamiento del pórtico	51
2.2.2.2 Elección del pórtico más exigido	51
2.2.2.3 Determinación de cargas	53
2.2.2.4 Transformación de cargas	56
2.2.2.5 Cálculo con CYPECAD	57
2.2.3 CÁLCULO DEL PÓRTICO DE ENTRADA ESPECIAL	58
2.2.3.1 Predimensionamiento del pórtico	58
2.2.3.2 Elección del pórtico más exigido	59
2.2.3.3 Determinación de cargas	60
2.2.3.4 Transformación de cargas	63
2.2.3.5 Cálculo con CYPECAD	64
2.2.4 CÁLCULO DEL PÓRTICO DE ENTRADA ESPECIAL TRASERO	65
2.2.4.1 Predimensionamiento del pórtico	65
2.2.4.2 Elección del pórtico más exigido	66
2.2.4.3 Determinación de cargas	67
2.2.4.4 Transformación de cargas	70



2.2.4.5 Cálculo con CYPECAD	71
-----------------------------------	----



ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1 – Área de influencia de los distintos tipos de nudos	7
Figura 2 – Techo acotado de la cubierta metálica.....	7
Figura 3 – Sobrecarga de uso según el CTE	9
Figura 4 – Sobrecarga de nieve por localidades según el CTE	10
Figura 5 – Zonas climáticas y velocidad básica del viento	11
Figura 6 – Coeficiente de exposición según el CTE.....	13
Figura 7 – Coeficiente de presión exterior para marquesinas a un agua según el CTE	15
Figura 8 – Zonas del techo de la cubierta metálica según el coeficiente de presión exterior	21
Figura 9 – Pórtico porta-gradas predimensionado (dimensiones en mm).....	27
Figura 10 – Zona de acción de las cargas en el pórtico porta-gradas.....	28
Figura 11 – Sobrecargas de uso según el CTE	31
Figura 12 – Descomposición del pórtico porta-gradas en función de las fuerzas actuantes	33
Figura 13 – Coeficiente de presión exterior para cubiertas a un agua según el CTE	35
Figura 14 – Zonas del techo de la cubierta metálica según el coeficiente de presión exterior	39
Figura 15 – Coeficientes de presión exterior para marquesinas a un agua según el CTE	42
Figura 16 – Coeficientes de presión exterior para paramentos verticales según el CTE	45
Figura 17 – Pórtico de entrada predimensionado (dimensiones en mm)	51
Figura 18 – Zona de acción de las cargas en el pórtico de entrada.....	52
Figura 19 – Pórtico de entrada especial predimensionado (dimensiones en mm)	58
Figura 20 – Zona de acción de las cargas en el pórtico de entrada especial.....	59
Figura 21 – Pórtico de entrada especial trasero predimensionado (dimensiones en mm).....	66



Figura 22 – Zona de acción de las cargas en el pórtico de entrada especial trasero
.....67



CAPÍTULO 2.1. CÁLCULO DE LA CUBIERTA METÁLICA

Para el cálculo de la cubierta metálica se desarrollarán las etapas previamente descritas en el apartado “Metodología de cálculo y optimización de la cubierta” (apartado 1.8.1).

2.1.1 DETERMINACIÓN DE CARGAS POR UNIDAD DE SUPERFICIE

Como ya se dijo anteriormente, la cubierta diseñada en el presente proyecto consta de 22 pórticos sobre los cuales se ha trazado un techado a base de barras longitudinales y arriostrados. Los nudos de dicho techado serán los encargados de recibir y absorber toda la carga externa a la que se va ver sometida la estructura. Sin embargo, se ha de tener en cuenta que no todos los nudos reciben la misma carga puesto que la superficie asignada a cada uno de ellos varía según la posición del nudo en la cubierta. Siguiendo este razonamiento, hay cuatro tipos diferentes de nudos: los nudos de esquina, los nudos de lateral largo, los nudos de lateral corto y los nudos internos. Estos cuatro tipos de nudos junto con el área correspondiente a cada uno de ellos pueden verse representados en la imagen que se muestra a continuación.

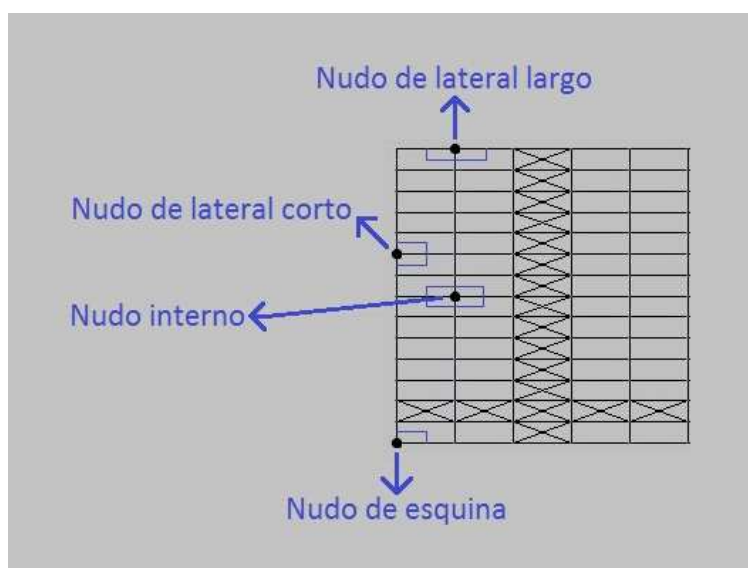


Figura 1 – Área de influencia de los distintos tipos de nudos

Las dimensiones principales del plano superior de la cubierta metálica quedan reflejadas en la siguiente imagen:

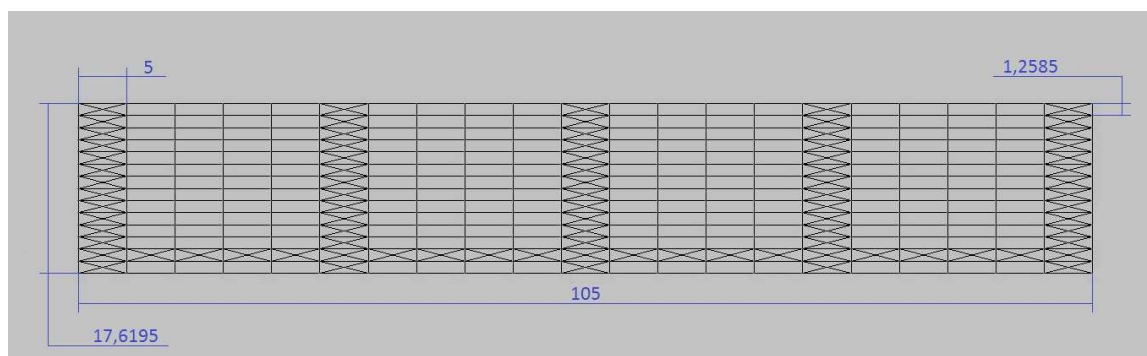


Figura 2 – Techo acotado de la cubierta metálica

Teniendo en cuenta las medidas reflejadas en la figura precedente, en la que la distancia entre dos puntos seguidos de un mismo pórtico siempre es de 1.26 m y la distancia entre pórticos consecutivos es de 5 m, se deduce que la superficie



actuante sobre cada tipo de nudo es la siguiente:

Nudo de esquina: $1,57 \text{ m}^2$.

Nudo de lateral largo: $3,15 \text{ m}^2$.

Nudo de lateral corto: $3,15 \text{ m}^2$.

Nudo interior: $6,29 \text{ m}^2$.

Una vez fijadas estas dimensiones se procede al cálculo de cada una de las diferentes sobrecargas (carga permanente (G1), sobrecarga de uso (Q1), sobrecarga de nieve (N1) y sobrecargas de viento (V1 y V2)). La razón por la que se contemplan dos hipótesis de viento en lugar de una se debe a que éste puede originar dos reacciones distintas en la cubierta; aplastarla, es decir, empujar la cubierta hacia abajo (se estudiará con V1), o levantarla, es decir, empujar la cubierta hacia arriba (se estudiará con V2).

Carga permanente (G1)

La carga permanente sobre la cubierta se debe únicamente al peso de la chapa metálica trapezoidal que reposa sobre ella. Dicha chapa, tal y como se ha indicado anteriormente ha sido fabricada por la empresa ArcelorMittal. El grosor de este techado es de 1,2 mm y el material del que está hecho es acero (cuya densidad es de 7850 kg/m^3). Además, la longitud de la cubierta es de 105 m mientras que su anchura es de 17,62 m, por tanto:

$$A_t = 105 \text{ m} \times 17,62 \text{ m} = 1850,1 \text{ m}^2$$

En donde:

A_t es el área de la superficie a techar.



Mientras que la masa por metro cuadrado de cubierta será:

$$m_{m^2c} = 7,85 \text{ g / cm}^3 \times 0,12 \text{ cm} \times 100 \text{ cm} \times 100 \text{ cm} = 9420 \text{ g} = 9,42 \text{ kg}$$

En donde:

m_{m^2c} es la masa por metro cuadrado de cubierta.

Sobrecarga de uso (Q1)

Según el CTE-SE-AE el valor de la sobrecarga de uso para cubiertas accesibles únicamente para conservación con inclinación inferior a 20° es de 1 kN/m².

Valores característicos de las sobrecargas de uso					
Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾	Cubiertas con inclinación inferior a 20° Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁵⁾	1 ^{(4),(6)} 0,4 ⁽⁴⁾	2 1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Figura 3 – Sobrecarga de uso según el CTE



Sobrecarga de nieve (N1)

En el CTE no aparece fijada la sobrecarga de nieve de todas y cada una de las ciudades del país (lógicamente) pero sí de las más populosas o de las que son capitales. La información completa a este respecto es la que se muestra en la tabla siguiente:

Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas								
Capital	Altitud m	s_k kN/m ²	Capital	Altitud m	s_k kN/m ²	Capital	Altitud m	s_k kN/m ²
Albacete	690	0,6	Guadalajara	680	0,6	Pontevedra	0	0,3
Alicante / Alacant	0	0,2	Huelva	0	0,2	Salamanca	780	0,5
Almería	0	0,2	Huesca	470	0,7	SanSebas- tián/Donostia	0	0,3
Ávila	1.130	1,0	Jaén	570	0,4	Santander	1.000	0,3
Badajoz	180	0,2	León	820	1,2	Segovia	10	0,7
Barcelona	0	0,4	Lérida / Lleida	150	0,5	Sevilla	1.090	0,2
Bilbao / Bilbo	0	0,3	Logroño	380	0,6	Soria	0	0,9
Burgos	860	0,6	Lugo	470	0,7	Tarragona	0	0,4
Cáceres	440	0,4	Madrid	660	0,6	Tenerife	950	0,2
Cádiz	0	0,2	Málaga	0	0,2	Teruel	550	0,9
Castellón	0	0,2	Murcia	40	0,2	Toledo	0	0,5
Ciudad Real	640	0,6	Orense / Ourense	130	0,4	Valencia/València	690	0,2
Córdoba	100	0,2	Oviedo	230	0,5	Valladolid	520	0,4
Coruña / A Coruña	0	0,3	Palencia	740	0,4	Vitoria / Gasteiz	650	0,7
Cuenca	1.010	1,0	Palma de Mallorca	0	0,2	Zamora	210	0,4
Gerona / Girona	70	0,4	Palmas, Las	0	0,2	Zaragoza	0	0,5
Granada	690	0,5	Pamplona/Iruña	450	0,7	Ceuta y Melilla	0	0,2

Figura 4 – Sobrecarga de nieve por localidades según el CTE

En consecuencia con esto, se ha tomado como referencia para la sobrecarga de nieve la ciudad de Zaragoza, tanto por su proximidad a Tudela como por las parecidas condiciones climáticas y de terreno de ambas poblaciones. La altitud de Zaragoza es de 210 metros mientras que la de Tudela es de 264 metros. Por tanto, la sobrecarga de nieve es de 0,5 kN/m².

Sobrecarga de viento (V1)

El CTE divide el país en tres zonas climáticas diferentes en lo que a velocidad del

viento se refiere.

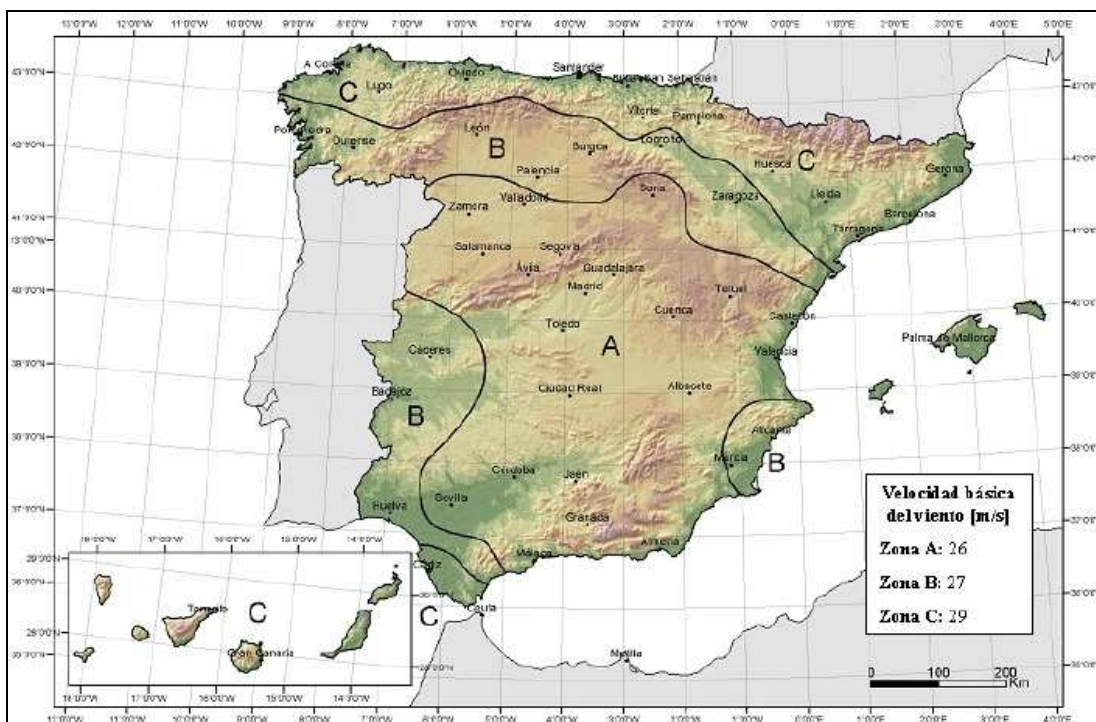


Figura 5 – Zonas climáticas y velocidad básica del viento

Como podemos comprobar en la imagen anterior, Tudela pertenece a la zona B, a la que corresponde una velocidad básica del viento de 27 m/s.

Según el CTE, la sobrecarga de viento por unidad de superficie (q_e) se calcula con la siguiente fórmula:

$$q_e = q_b \times c_e \times c_p$$

Siendo; q_b la presión dinámica del viento, que según el CTE, de forma simplificada, como valor en cualquier punto del territorio español puede tomarse $0,5 \text{ kN/m}^2$; c_e el coeficiente de exposición, variable con la altura del punto



considerado, en función del grado de aspereza del entorno donde se encuentra ubicada la construcción; c_p el coeficiente eólico o de presión, dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento, y en su caso, de la situación del punto respecto a los bordes de esa superficie, siendo un valor negativo indicador de succión.

A continuación se determinará cada uno de estos coeficientes:

a) q_b

Siguiendo las indicaciones del CTE se podría tomar de forma aproximada el valor de $0,5 \text{ kN/m}^2$. Sin embargo, con objeto de obtener una mayor precisión se puede utilizar una fórmula que permite hallar el valor de este coeficiente con más exactitud. Es la siguiente:

$$q_b = 0,5 \times \delta \times v_b^2$$

En donde:

δ es la densidad del aire.

v_b es el valor básico de la velocidad del viento.

La densidad del aire (δ) depende de (entre otros factores) la temperatura ambiente, de la altitud y de la fracción de agua en suspensión. Generalmente puede tomarse el valor de $1,25 \text{ kg/m}^3$.

La velocidad básica del viento (v_b) depende de la zona en la que este ubicada la población en la que se erige la estructura. Tal y como se ha visto anteriormente, este valor es de 27 m/s en el caso que nos ocupa. Por tanto:



$$q_b = 0,5 \times \delta \times v_b^2 = 0,5 \times 1,25 \text{ kg/m}^3 \times (27 \text{ m/s})^2 = 455,63 \text{ kg} \times \text{m/s}^2$$

Sin embargo, el CTE prefiere aproximar los valores de q_b en función de su pertenencia a cada una de las tres zonas climáticas en que divide al territorio español. Los valores asignados según zonas son los siguientes:

Zona A: $0,42 \text{ kN/m}^2$.

Zona B: $0,45 \text{ kN/m}^2$.

Zona C: $0,52 \text{ kN/m}^2$.

Como la localidad de Tudela está ubicada en la zona B, podemos determinar finalmente que la presión dinámica del viento toma el valor de $0,45 \text{ kN/m}^2$.

b) c_e

Este valor se obtiene a partir de una tabla:

Valores del coeficiente de exposición c_e									
Grado de aspereza del entorno		Altura del punto considerado (m)							
		3	6	9	12	15	18	24	30
I	Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,4	2,7	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	3,7
II	Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III	Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV	Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V	Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

Figura 6 – Coeficiente de exposición según el CTE



Según este documento del CTE, al estar situada la construcción en un terreno con grado de aspereza IV (Zona urbana en general, industrial o forestal) y a una altura máxima de 15 metros, el coeficiente de exposición tomará un valor de 2,1.

c) c_p

Según el CTE, el coeficiente de presión (c_p) se determina mediante tablas. Son las siguientes:

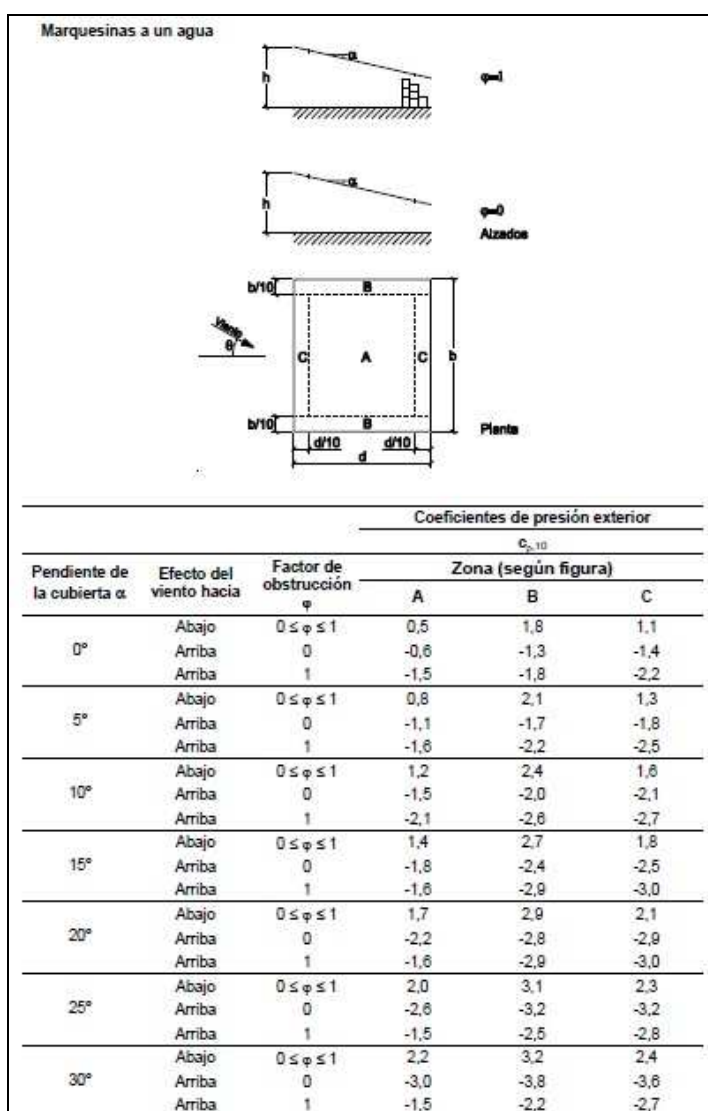


Figura 7 – Coeficiente de presión exterior para marquesinas a un agua según el CTE

Como se deduce de los datos de la tabla, para poder determinar c_p para una cubierta de inclinación de $6,68^\circ$ es necesario interpolar, pero como se puede ver en el gráfico, el coeficiente de presión varía en función de las distintas zonas de la superficie de la cubierta (zonas A, B y C). Por lo tanto habrá que hallar tres coeficientes de presión, lo que implica hacer otras tantas interpolaciones, aunque, eso sí, siempre con la cifra de $6,68^\circ$.



Pendiente de la cubierta	Zona A
5	0,8
6,68	c_{pA}
10	1,2

$$\frac{10-5}{6,68-5} = \frac{1,2-0,8}{c_{pA}-0,8} \Rightarrow c_{pA} = 0,93$$

En donde:

c_{pA} es el coeficiente de presión para la zona A.

Pendiente de la cubierta	Zona B
5	2,1
6,68	c_{pB}
10	2,4

$$\frac{10-5}{6,68-5} = \frac{2,4-2,1}{c_{pB}-2,1} \Rightarrow c_{pB} = 2,2$$

En donde:

c_{pB} es el coeficiente de presión para la zona B.



Pendiente de la cubierta	Zona C
5	1,3
6,68	c_{pC}
10	1,6

$$\frac{10-5}{6,68-5} = \frac{1,6-1,3}{c_{pC}-1,3} \Rightarrow c_{pC} = 1,4$$

En donde:

c_{pC} es el coeficiente de presión para la zona C.

Una vez hallados todos los coeficientes de presión, ya se puede determinar la sobrecarga de viento por unidad de superficie para cada una de las tres regiones en que se divide la cubierta:

$$q_{eA} = q_b \times c_e \times c_{pA} = 0,45 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 2,1 \times 0,93 = 0,88 \text{ kN} / \text{m}^2$$

En donde:

q_{eA} es la sobrecarga de viento por unidad de superficie para la zona A.

$$q_{eB} = q_b \times c_e \times c_{pB} = 0,45 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 2,1 \times 2,2 = 2,08 \text{ kN} / \text{m}^2$$

En donde:

q_{eB} es la sobrecarga de viento por unidad de superficie para la zona B.



$$q_{eC} = q_b \times c_e \times c_{pC} = 0,45 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 2,1 \times 1,4 = 1,32 \text{ kN} / \text{m}^2$$

En donde:

q_{eC} es la sobrecarga de viento por unidad de superficie para la zona C.

Sobrecarga de viento (V2)

Para el cálculo de esta sobrecarga, tanto el coeficiente de exposición (c_e) como la presión dinámica del viento (q_b) toman exactamente los mismos valores que para el caso de V1, por lo que no se estima necesario realizar de nuevo los mismos cálculos. Dicho valores son los que siguen:

$$c_e = 2,1$$

$$q_b = 455,63 \text{ kg} \times \text{m} / \text{s}^2$$

Sin embargo, el coeficiente de presión (c_p) sí que varía, y para calcularlo es necesario interpolar en la tabla de coeficientes de presión (figura 7). Teniendo en cuenta que la sobrecarga V2 analiza una hipótesis de viento que tiende a levantar la cubierta, y que para dicho efecto del viento el factor de obstrucción (ϕ) toma el valor de uno, se determinarán los coeficientes de presión del aire para cada una de las diferentes zonas en las que se divide la cubierta (A, B y C):

Pendiente de la cubierta	Zona A
5	-1,6
6,68	c_{pA}
10	-2,1



$$\frac{10-5}{6,68-5} = \frac{-2,1-(-1,6)}{c_{pA}-(-1,6)} \Rightarrow c_{pA} = -1,77$$

Pendiente de la cubierta	Zona B
5	-2,2
6,68	c_{pB}
10	-2,6

$$\frac{10-5}{6,68-5} = \frac{-2,6-(-2,2)}{c_{pB}-(-2,2)} \Rightarrow c_{pB} = -2,33$$

Pendiente de la cubierta	Zona C
5	-2,5
6,68	c_{pC}
10	-2,7

$$\frac{10-5}{6,68-5} = \frac{-2,7-(-2,5)}{c_{pC}-(-2,5)} \Rightarrow c_{pC} = -2,57$$

Tras hallar los tres coeficientes de presión, se está en disposición de determinar la sobrecarga de viento por unidad de superficie para cada una de las tres zonas en que se divide la cubierta:



$$q_{eA} = q_b \times c_e \times c_{pA} = 0,45 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 2,1 \times (-1,77) = -1,67 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$q_{eB} = q_b \times c_e \times c_{pB} = 0,45 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 2,1 \times (-2,33) = -2,20 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$q_{eC} = q_b \times c_e \times c_{pC} = 0,45 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 2,1 \times (-2,57) = -2,43 \text{ kN} / \text{m}^2$$

2.1.2 DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS ACTUANTES SOBRE LOS NUDOS

Una vez obtenidas todas las sobrecargas por unidad de superficie, el siguiente paso consiste en transformarlas en cargas concentradas para poder introducirlas sobre los nudos en el programa de cálculo (Nuevo Metal 3D). Pero para ello, primero es necesario determinar a que zona pertenece cada uno de los 330 nudos del plano superior de la cubierta. Esta información se obtiene siguiendo las indicaciones de la figura 7, en las que se acotan las diferentes áreas de la cubierta. Los valores que sirven para definir los límites de estas áreas son los siguientes:

$$b = 105 \text{ m}$$

$$d = 17,62 \text{ m}$$

$$\frac{b}{10} = \frac{105 \text{ m}}{10} = 10,5 \text{ m}$$

$$\frac{d}{10} = \frac{17,62 \text{ m}}{10} = 1,76 \text{ m}$$

En consecuencia con estas cifras y con lo establecido en la figura 7, la distribución de los nudos respecto a las tres zonas sería como sigue:

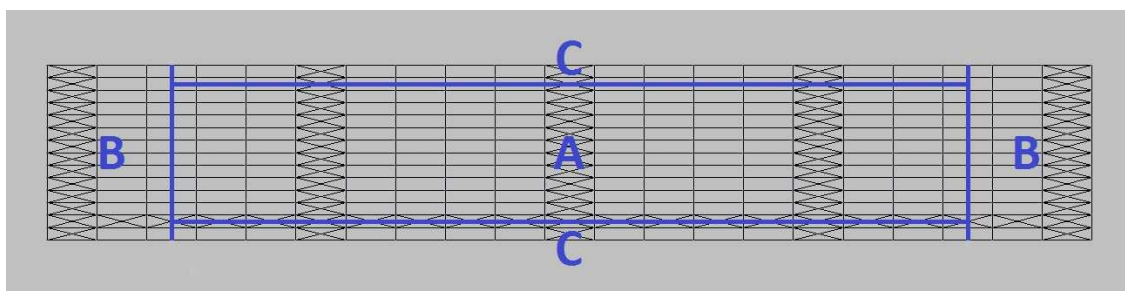


Figura 8 – Zonas del techo de la cubierta metálica según el coeficiente de presión exterior

A continuación se calcularán las cargas totales actuantes sobre cada uno de los nudos de acuerdo a la clasificación reflejada en la imagen anterior. Para ello, únicamente habrá que multiplicar el área asociada a cada tipo de nudo por la sobrecarga por unidad de superficie actuante sobre esa área. Se hará de forma independiente para cada una de las distintas sobrecargas (carga permanente (G1), sobrecarga de uso (Q1), sobrecarga de nieve (N1) y sobrecargas de viento (V1 y V2)):

Carga permanente (G1)

$$N_e = 0,09 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 1,57 \text{ m}^2 = 0,14 \text{ kN} = 0,01 \text{ t}$$

En donde:

N_e es la carga sobre un nudo de esquina.

$$N_l = 0,09 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 3,15 \text{ m}^2 = 0,28 \text{ kN} = 0,03 \text{ t}$$

En donde:

N_l es la carga sobre un nudo de lateral.



$$N_i = 0,09 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 6,29 \text{ m}^2 = 0,57 \text{ kN} = 0,06 \text{ t}$$

En donde:

N_i es la carga sobre un nudo interior.

Sobrecarga de uso (Q1)

$$N_e = 1 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 1,57 \text{ m}^2 = 1,57 \text{ kN} = 0,16 \text{ t}$$

$$N_l = 1 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 3,15 \text{ m}^2 = 3,15 \text{ kN} = 0,32 \text{ t}$$

$$N_i = 1 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 6,29 \text{ m}^2 = 6,29 \text{ kN} = 0,64 \text{ t}$$

Nieve (N1)

$$N_e = 0,5 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 1,57 \text{ m}^2 = 0,79 \text{ kN} = 0,08 \text{ t}$$

$$N_l = 0,5 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 3,15 \text{ m}^2 = 1,58 \text{ kN} = 0,16 \text{ t}$$

$$N_i = 0,5 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 6,29 \text{ m}^2 = 3,15 \text{ kN} = 0,32 \text{ t}$$

Sobrecarga de viento (V1)

$$N_e = 2,08 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 1,57 \text{ m}^2 = 3,27 \text{ kN} = 0,33 \text{ t}$$



$$N_{II B} = 2,08 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 3,15 \text{ m}^2 = 6,55 \text{ kN} = 0,67 \text{ t}$$

En donde:

$N_{II B}$ es la carga sobre un nudo del lateral de la zona larga de la zona B.

$$N_{II C} = 1,32 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 3,15 \text{ m}^2 = 4,16 \text{ kN} = 0,42 \text{ t}$$

En donde:

$N_{II C}$ es la carga sobre un nudo del lateral de la zona larga de la zona C.

$$N_{i A} = 0,88 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 6,29 \text{ m}^2 = 5,54 \text{ kN} = 0,56 \text{ t}$$

En donde:

$N_{i A}$ es la carga sobre un nudo de la zona interior de la zona A.

$$N_{i B} = 2,08 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 6,29 \text{ m}^2 = 13,08 \text{ kN} = 1,33 \text{ t}$$

En donde:

$N_{i B}$ es la carga sobre un nudo de la zona interior de la zona B.

$$N_{i C} = 1,32 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 6,29 \text{ m}^2 = 8,30 \text{ kN} = 0,85 \text{ t}$$

En donde:

$N_{i C}$ es la carga sobre un nudo de la zona interior de la zona C.



$$N_{lcB} = 2,08 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 3,15 \text{ m}^2 = 6,55 \text{ kN} = 0,67 \text{ t}$$

En donde:

N_{lcB} es la carga sobre un nudo del lateral corto de la zona B.

Sobrecarga de viento (V2)

$$N_e = -2,20 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 1,57 \text{ m}^2 = -3,45 \text{ kN} = -0,35 \text{ t}$$

$$N_{llB} = -2,20 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 3,15 \text{ m}^2 = -6,93 \text{ kN} = -0,71 \text{ t}$$

$$N_{llC} = -2,43 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 3,15 \text{ m}^2 = -7,65 \text{ kN} = -0,78 \text{ t}$$

$$N_{iA} = -1,67 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 6,29 \text{ m}^2 = -10,50 \text{ kN} = -1,07 \text{ t}$$

$$N_{iB} = -2,20 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 6,29 \text{ m}^2 = -13,84 \text{ kN} = -1,41 \text{ t}$$

$$N_{iC} = -2,43 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 6,29 \text{ m}^2 = -15,28 \text{ kN} = -1,56 \text{ t}$$

$$N_{lcB} = -2,20 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 3,15 \text{ m}^2 = -6,93 \text{ kN} = -0,71 \text{ t}$$

2.1.3 CÁLCULO MEDIANTE NUEVO METAL 3D

Una vez halladas las cargas de diversos tipos que actúan sobre cada uno de los nudos, éstas se introducen en el programa, que realizará el cálculo de la estructura optimizando el tamaño de los perfiles de la misma. Los datos referentes a pandeo, flecha límite, materiales, tipología de uniones, agrupación de barras, etcétera, han sido introducidos en el programa de acuerdo a lo expuesto en los



apartados de la memoria destinados al análisis de dichos temas, es decir, en la sección “Características de la cubierta” (apartado 1.7.2). Los perfiles resultantes para cada uno de los grupos de barras se mostrarán en la sección “Resultados del cálculo” (capítulo 1.9).



CAPÍTULO 2.2. CÁLCULO DE LOS PÓRTICOS DE HORMIGÓN ARMADO

En este capítulo se calcularán las dimensiones óptimas de los cuatro tipos de pórticos (pórtico porta-gradas, pórtico de entrada, pórtico de entrada especial y pórtico de entrada especial trasero) presentes en la estructura aplicando la metodología de cálculo previamente mostrada en la sección “Metodología de diseño, cálculo y optimización de los pórticos de hormigón armado” (apartado 1.8.2). Para tal fin se hallarán de forma pormenorizada las cargas actuantes sobre el pórtico porta-gradas, y, dado que sobre todos los pórticos objeto de análisis actúan las mismas sobrecargas, unido a que la totalidad de los pórticos comparten características estructurales (inclinación) que en muchos casos determinan los valores de las sobrecargas, se utilizarán los resultados obtenidos para las cargas de dicho pórtico porta-gradas como referencia para hallar algunas de las sobrecargas actuantes sobre el resto de pórticos.

2.2.1 CÁLCULO DEL PÓRTICO PORTA-GRADAS

2.2.1.1 Predimensionamiento del pórtico

La geometría del pórtico predimensionado tiene como único objetivo satisfacer las necesidades de altura y longitud. Además, está basada en los preceptos fijados por NORTEN PH en su catálogo comercial; dichos preceptos hacen referencia a la anchura de la sección del pórtico y a la huella de los mini-escalones en los que reposan las vigas. Este pórtico está formado por un pilar y una viga inclinada.

El pórtico predimensionado es el siguiente:

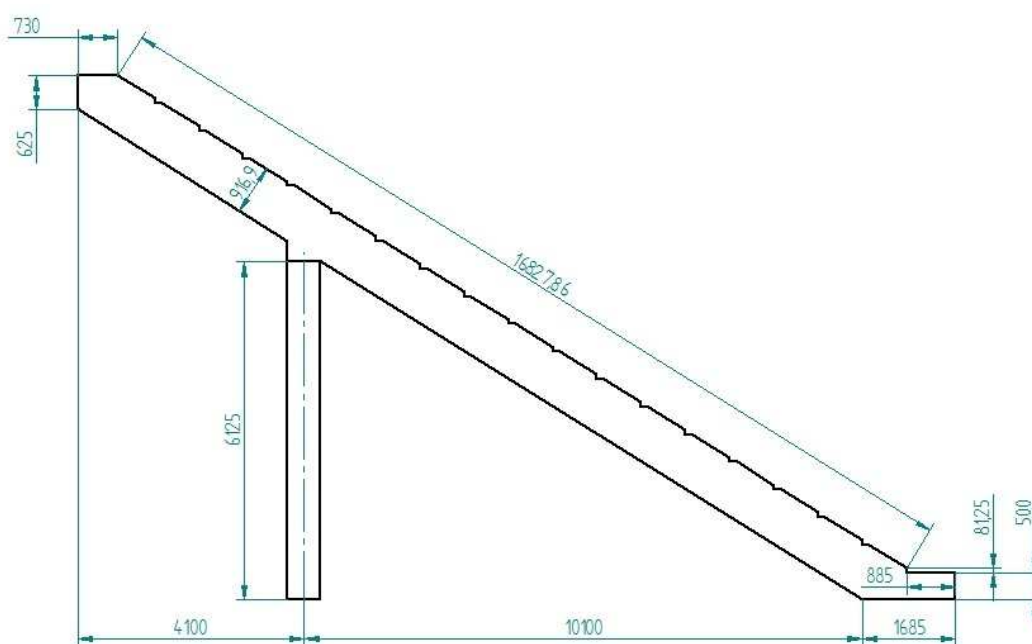


Figura 9 – Pórtico porta-gradas predimensionado (dimensiones en mm)

La anchura de la sección del pórtico predimensionado es de 40 cm.

2.2.1.2 Elección del pórtico más exigido

El caso más exigente en cuanto a cargas para un pórtico porta-gradas será el correspondiente a una sección de la grada de fondo en la que la separación entre pórticos sea de 8 m. Éste es el caso más exigente para los pórticos por una simple razón: al ser la distancia entre pórticos 8 m en lugar de 7 (como es el caso de las gradas laterales), hay un metro más de longitud de grada, lo cual redonda en mas peso descansando sobre los pórticos, mayor sobrecarga de uso y mayor superficie para la nieve y el viento. A continuación sigue una imagen en la que se muestra la ubicación del pórtico porta-gradas más exigido así como la parte del graderío (en color amarillo) que reposa sobre él:

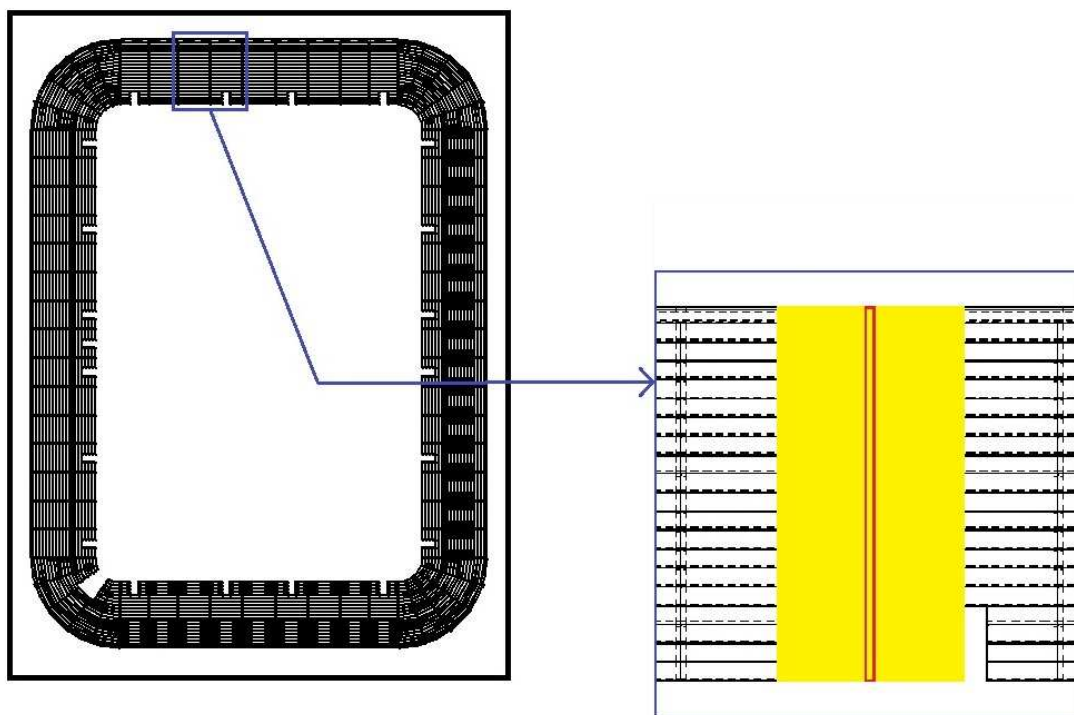


Figura 10 – Zona de acción de las cargas en el pórtico porta-gradas

Como se puede ver en la figura anterior, se considera que la parte correspondiente a la entrada para los espectadores también reposa sobre el pórtico. Además, con objeto de simplificar el cálculo se considera que esa parte de la apertura también tiene grada, de tal forma que la tribuna asignada al pórtico se prolonga totalmente cuatro metros a cada lado del mismo.

2.2.1.3 Determinación de cargas

Tras hallar la parte del graderío que descansa sobre el pórtico, a continuación se calcularán cada una de las distintas sobrecargas actuantes sobre el mismo (peso propio (G1), sobrecarga de uso (Q1), sobrecarga de nieve (N1) y sobrecargas de viento (V1, V2, V3 y V4)). La razón por la que se contemplan cuatro hipótesis de sobrecarga de viento es la compleja geometría del pórtico objeto de análisis, que implica que el aire pueda golpearlo desde muy diversos ángulos.



Carga permanente (G1)

En este caso, el peso propio que reposa sobre el pórtico porta-gradas es el correspondiente a diecinueve vigas horizontales prefabricadas de 8 m de longitud cada una, el peso de una placa de remate de 8 m de longitud y el de un antepecho de la misma largura. Además, para poder obtener el peso de estos elementos se debe saber que la masa de las vigas por unidad de longitud es de 240 kg/m y que la densidad del hormigón del que están compuestas es de 2454,05 kg/m³.

La masa de todos los elementos uno por uno es la siguiente:

$$m_{19v} = 19 \times 240 \text{ kg} / m \times 8 \text{ m} = 36480 \text{ kg}$$

En donde:

m_{19v} es la masa de las 19 vigas.

$$m_{pr} = \rho \times V = \rho \times A_{pr} \times l_{pr} = 2454,05 \text{ kg} / m^3 \times 0,04 \text{ m}^2 \times 8 \text{ m} = 785,30 \text{ kg}$$

En donde:

m_{pr} es la masa de la placa de remate.

A_{pr} es el área de la sección de la placa de remate.

l_{pr} es la longitud de la placa de remate.



$$m_a = \rho \times V = \rho \times A_a \times l_a = 2454,05 \text{ kg} / \text{m}^3 \times 0,23 \text{ m}^2 \times 8 \text{ m} = 4515,45 \text{ kg}$$

En donde:

m_a es la masa del antepecho.

A_a es el área de la sección del antepecho.

l_a es la longitud del antepecho.

Por tanto, la carga permanente total es la que sigue:

$$G1 = m_{19v} + m_{pr} + m_a = 36480 \text{ kg} + 785,30 \text{ kg} + 4515,45 \text{ kg} = 41780,75 \text{ kg}$$

En donde:

$G1$ es el valor de la carga permanente total.

Sobrecarga de uso (Q1)

Este dato se consulta en el Código Técnico de la Edificación. Para este tipo de instalaciones la sobrecarga de uso aparece fijada en 5 kN/m^2 (tal y como podemos comprobar en la siguiente tabla).



DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL

DOCUMENTO MEMORIA DE CÁLCULOS

Valores característicos de las sobrecargas de uso					
Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁵⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Figura 11 – Sobrecargas de uso según el CTE

Para poder conocer la sobrecarga de uso total habrá que hallar primero la superficie del graderío que está expuesta a dicha sobrecarga, siendo dicha superficie aquella que sea horizontal, es decir, la correspondiente a las huellas de las vigas prefabricadas. Teniendo en cuenta que la huella de cada una de las vigas prefabricadas es de 0,8 m y que la longitud de todas estas vigas es de 8 m, la superficie destinada a sobrecarga de uso será de 6,4 m² por cada viga. A esto habrá que sumar la superficie de la placa de remate destinada a sobrecarga de uso, que teniendo una huella de 0,59 m y una longitud de 8 m, asciende a 4,68 m². Resumiendo:



$$Q1 = q_1 \times (A_{19v} + A_{pr}) = 5 \text{ kN} / \text{m}^2 \times (19 \times 0,8 \text{ m} \times 8 \text{ m} + 1 \times 0,59 \text{ m} \times 8 \text{ m}) = 631,6 \text{ kN} = 64383,28 \text{ kg}$$

En donde:

$Q1$ es el valor de la sobrecarga de uso total.

q_1 es la sobrecarga de uso por unidad de superficie.

Sobrecarga de nieve (N1)

Al igual que en el caso anterior este dato también se consulta en el Código Técnico de la Edificación. Para las condiciones climáticas de la zona, el valor de la sobrecarga de nieve es de $0,5 \text{ kN/m}^2$ como ya se vio en los cálculos de la cubierta metálica.

El área afectada por la sobrecarga de nieve es la misma que la afectada por la sobrecarga de uso:

$$N1 = q_n \times (A_{19v} + A_{pr}) = 0,5 \text{ kN} / \text{m}^2 \times (19 \times 0,8 \text{ m} \times 8 \text{ m} + 1 \times 0,59 \text{ m} \times 8 \text{ m}) = 63,16 \text{ kN} = 6438,33 \text{ kg}$$

En donde:

$N1$ es el valor de la sobrecarga de nieve total.

q_n es la sobrecarga de nieve por unidad de superficie.

Sobrecarga de viento

Es la sobrecarga que entraña más dificultades para ser hallada teniendo en cuenta que el Código Técnico de la Edificación en su apartado dedicado a las cargas de viento no contempla todo tipo de estructuras, sino solo las más

generales, a partir de las cuales se deben (descomposición de estructuras mediante) obtener las cargas actuantes sobre la estructura analizada. Debido a que la geometría de esta estructura es bastante compleja, resulta necesario contemplar varias hipótesis de carga de viento ya que según éste sople en una dirección u otra, los efectos y cargas sobre el pórtico serán diferentes. Además, para aplicar lo expuesto en el CTE resulta necesario realizar una aproximación; se considera plana la superficie de grada que conecta dos pórticos consecutivos (en realidad esta superficie es escalonada, puesto que esta formada por la unión de vigas prefabricadas).

Según lo anterior, para analizar la sobrecarga de viento de acuerdo al CTE, se ha de descomponer la estructura en otras más simples que aparezcan en dicho código. En nuestro caso, estas estructuras son una cubierta a un agua (para analizar la parte superior del pórtico), una marquesina (para analizar la parte trasera del voladizo) y una pared de una nave industrial cualquiera (para analizar el pilar). Toda esta información queda sintetizada en la siguiente imagen:

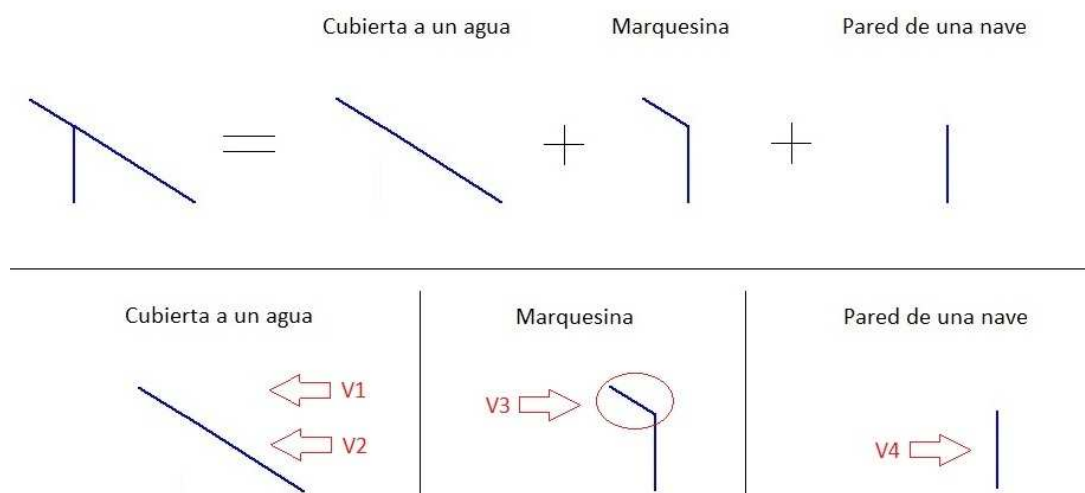


Figura 12 – Descomposición del pórtico porta-gradas en función de las fuerzas actuantes



Como se puede ver en la imagen anterior, el número de estructuras distintas con las que se compone el pórtico es de 3, mientras que las sobrecargas de viento actuantes son 4; dos en el caso de la cubierta a un agua (según direcciones opuestas del viento) y una sobrecarga más para cada uno de los otros dos casos. La fórmula a aplicar para obtener la carga de viento por unidad de superficie actuante sobre el graderío que va de pórtico a pórtico es la misma que para el caso de la cubierta metálica:

$$q_e = q_b \times c_e \times c_p$$

Además, los valores de q_b y c_e también son los mismos que para tal caso, es decir, $0,45 \text{ kN/m}^2$ y $2,1$ respectivamente. Sin embargo, el valor de c_p debe de ser hallado para cada una de las distintas sobrecargas de viento.

A continuación se van a analizar cada una de las cuatro diferentes sobrecargas de viento actuantes sobre la estructura (V1, V2, V3 y V4):

Sobrecarga de viento (V1)

Para poder determinar el valor de c_p es necesario utilizar la gráfica del CTE correspondiente a las cubiertas a un agua:

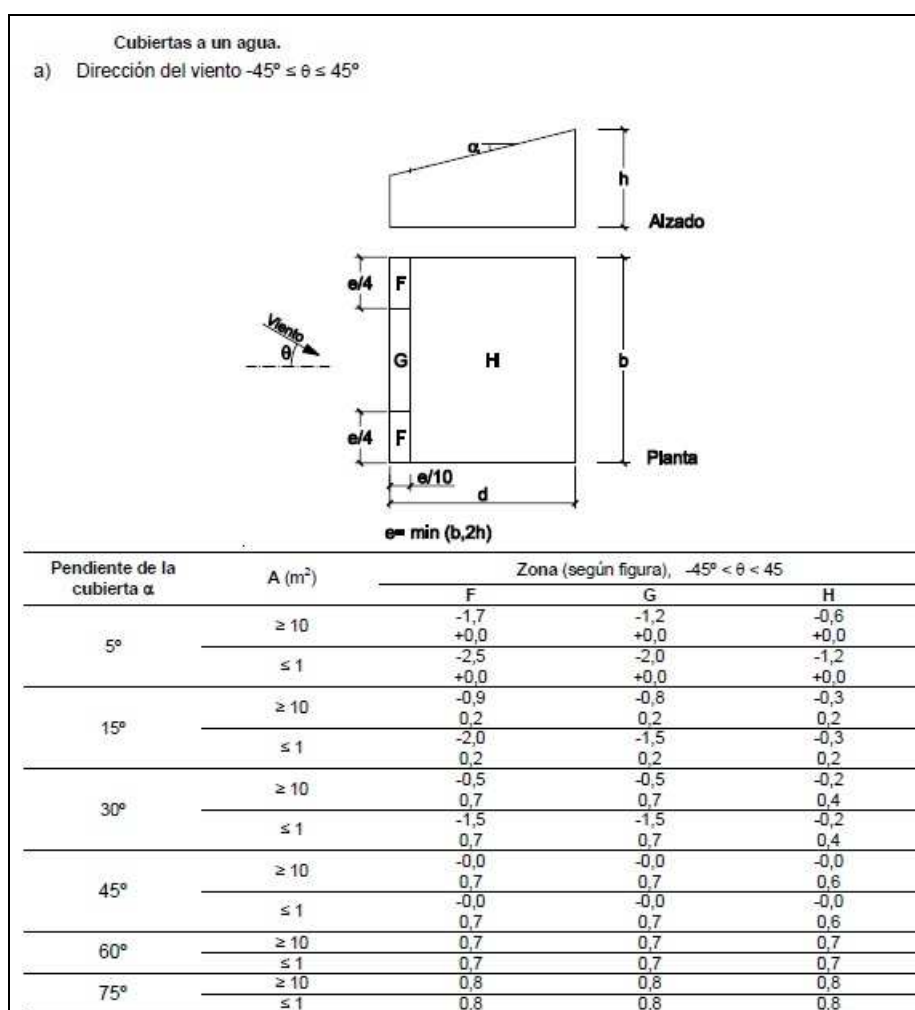


Figura 13 – Coeficiente de presión exterior para cubiertas a un agua según el CTE

Como se puede ver en la tabla anterior, hay valores positivos y negativos para el coeficiente c_p ; los valores positivos reflejan sobrecargas de viento que tienden a empujar la estructura hacia abajo, mientras que los negativos tienden a levantarla. En el caso de la sobrecarga V1, los valores que se van a tomar son positivos, es decir, la estructura tiende a ser aplastada.

La inclinación del pórtico es de $32,01^\circ$, lo cual nos obliga a interpolar en la tabla, o en su defecto, a tomar el valor aproximado de 30° . Se prefiere interpolar por considerar que el cálculo debe ser tan preciso como sea posible.



Debido a las escasas dimensiones de las zonas F y G frente a la zona H, junto con los similares valores de c_p para las tres zonas, se interpolará en este caso únicamente el valor de dicho coeficiente para la zona H.

Pendiente de la cubierta	Zona H
30	0,4
32,01	c_{pH}
45	0,6

$$\frac{45 - 30}{32,01 - 30} = \frac{0,6 - 0,4}{c_{pH} - 0,4} \Rightarrow c_{pH} = 0,43$$

En donde:

c_{pH} es el coeficiente de presión exterior de la zona H.

Y, finalmente:

$$q_{e1} = q_b \times c_e \times c_p = 0,45 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 2,1 \times 0,43 = 0,41 \text{ kN} / \text{m}^2$$

En donde:

q_{e1} es la sobrecarga de viento por unidad de superficie para la hipótesis V1.

Teniendo en cuenta que la sobrecarga de viento actúa sobre toda la superficie que va de pórtico a pórtico y que la anchura de ésta es de 8 m (la distancia entre pórticos consecutivos) y su profundidad es de 16,83 m (la longitud de la viga inclinada del pórtico), la sobrecarga de viento V1 total vendrá determinada por la



fórmula que sigue:

$$V1 = q_{e1} \times l_v \times p_s = 0,41 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 8 \text{ m} \times 16,83 \text{ m} = 55,20 \text{ kN} = 5626,91 \text{ kg}$$

En donde:

V1 es el valor de la sobrecarga de viento total.

l_v es la longitud de las vigas prefabricadas.

p_s es la profundidad de la superficie conformada por las vigas.

Sobrecarga de viento (V2)

La sobrecarga de viento correspondiente a este caso se obtiene interpolando en la misma tabla que para el caso anterior pero tomando los valores negativos (cargas de viento que tenderán a levantar el pórtico). A diferencia de lo hecho anteriormente con V1, ahora no se pueden despreciar las zonas F y G puesto que los valores de c_p de estas dos zonas varían mucho respecto a los de la zona H. Eso sí, las interpolaciones para las zonas F y G son iguales:

Pendiente de la cubierta	Zonas F y G
30	-0,5
32,01	$c_{pF,G}$
45	0



$$\frac{45 - 30}{32,01 - 30} = \frac{0 - (-0,5)}{c_{pF,G} - (-0,5)} \Rightarrow c_{pF,G} = -0,43$$

En donde:

$c_{pF,G}$ es el coeficiente de presión exterior de las zonas F y G.

La interpolación para la zona H es la que se muestra a continuación:

Pendiente de la cubierta	Zona H
30	-0,2
32,01	c_{pH}
45	0

$$\frac{45 - 30}{32,01 - 30} = \frac{0 - (-0,2)}{c_{pH} - (-0,2)} \Rightarrow c_{pH} = -0,17$$

Una vez obtenidos los valores de c_p para cada una de las tres zonas del pórtico, se ha de encontrar el valor medio de dicho coeficiente a lo largo de toda la superficie. Para ello se debe tener en cuenta que el coeficiente de presión toma el mismo valor tanto para la zona F como para la G, por lo que se pueden unificar ambas zonas. A continuación se puede ver la información proporcionada por el CTE, junto con las longitudes l_1 y l_2 , necesarias para hallar q_{e2} :

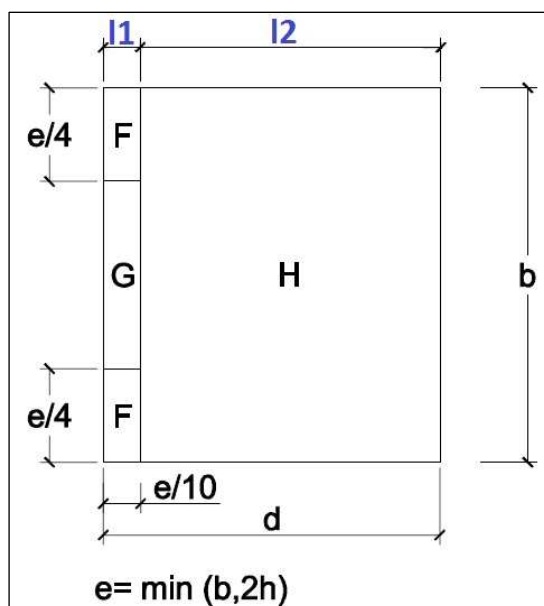


Figura 14 – Zonas del techo de la cubierta metálica según el coeficiente de presión exterior

Siendo:

$$d = 15,89 \text{ m}$$

$$b = 8 \text{ m}$$

Y por tanto:

$$e = \min(b, 2h) = b = 8 \text{ m}$$

De lo cual devienen los siguientes valores:

$$e / 10 = 0,8 \text{ m}$$

$$e / 4 = 3,2 \text{ m}$$



$$l_1 = 0,8 \text{ m}$$

$$l_2 = 15,09 \text{ m}$$

De tal forma que podemos obtener q_{e2} con la fórmula que sigue:

$$l_1 \times q_{F,G} + l_2 \times q_H = d \times q_{e2}$$

En donde:

$q_{F,G}$ es la sobrecarga de viento por unidad de superficie para las zonas F y G.

q_H es la sobrecarga de viento por unidad de superficie para la zona H.

q_{e2} es la sobrecarga de viento por unidad de superficie para la hipótesis V2.

La ecuación anterior se transforma en la siguiente:

$$l_1 \times q_b \times c_e \times c_{pF,G} + l_2 \times q_b \times c_e \times c_{pH} = d \times q_{e2}$$

Sustituyendo valores:

$$\begin{aligned} 0,8 \text{ m} \times 0,45 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 2,1 \times (-0,43) + 15,09 \text{ m} \times 0,45 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 2,1 \times (-0,17) = \\ = 15,89 \text{ m} \times q_{e2} \end{aligned}$$

De lo que se obtiene:

$$q_{e2} = -0,17 \text{ kN} / \text{m}^2$$

Para calcular la sobrecarga de viento V2 total habrá que proceder de la misma forma que para V1 puesto que ambas sobrecargas actúan sobre la misma superficie:



$$V2 = q_{e2} \times l_v \times p_s = -0,17 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 8 \text{ m} \times 16,83 \text{ m} = -22,89 \text{ kN} = -2333,33 \text{ kg}$$

En donde:

V2 es el valor de la sobrecarga de viento total.

Sobrecarga de viento (V3)

Éste es el caso correspondiente a la parte del pórtico conformada por el voladizo. Para analizarlo es necesario recurrir a la información referente a marquesinas incluida en el CTE.

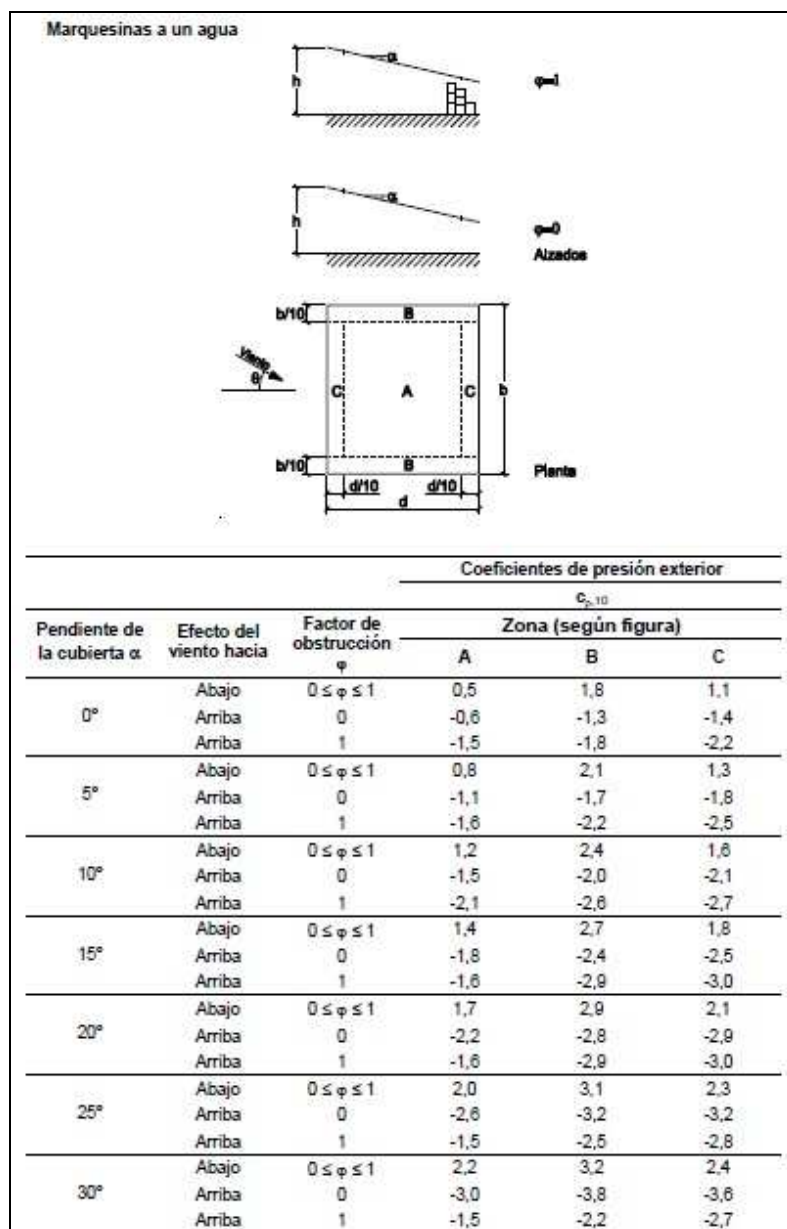


Figura 15 – Coeficientes de presión exterior para marquesinas a un agua según el CTE

Vemos que la tabla tiene como último valor 30°, sin embargo, la inclinación del pórtico es de 32,01°, así que para poder utilizar la tabla tomaremos la inclinación del pórtico como si fuera de 30°. Con esta aproximación, y teniendo en cuenta que el valor del factor de obstrucción (φ) es uno, el coeficiente de presión tomará los siguientes valores en cada una de las tres zonas del voladizo:



$$c_{pA} = -1,5$$

$$c_{pB} = -2,2$$

$$c_{pC} = -2,7$$

Con estos valores y conociendo las distintas dimensiones de la hipotética superficie, podemos hallar el coeficiente de presión exterior promedio (c_p) de la misma:

$$c_{pA} \times \frac{8d}{10} \times \frac{8b}{10} + c_{pB} \times 2 \times \frac{b}{d} \times d + c_{pC} \times 2 \times \frac{8b}{10} \times \frac{d}{10} = c_p \times d \times b$$

Sustituyendo valores:

$$(-1,5) \times \frac{8 \times 4,1}{10} \times \frac{8 \times 8}{10} + (-2,2) \times 2 \times \frac{8}{10} \times 4,1 + (-2,7) \times 2 \times \frac{8 \times 8}{10} \times \frac{4,1}{10} = c_p \times 4,1 \times 8$$

De lo que se obtiene:

$$c_p = -1,83$$

Una vez determinado el coeficiente de presión del aire, ya se puede hallar la carga por unidad de superficie para esta hipótesis de viento:

$$q_{e3} = q_b \times c_e \times c_p = 0,45 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 2,1 \times (-1,83) = -1,73 \text{ kN} / \text{m}^2$$

En donde:

q_{e3} es la sobrecarga de viento por unidad de superficie para la hipótesis V3.



Por último, se ha de calcular la carga total a la que se va a ver sometido el pórtico en concepto de V3. Para ello se debe tener en cuenta que, al contrario de como ocurría con V1 y V2, la sobrecarga de viento V3 únicamente actúa sobre la superficie correspondiente al voladizo, siendo la longitud de éste de 4,83 metros:

$$V3 = q_{e3} \times l_v \times p_s = -1,73 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 8 \text{ m} \times 4,83 \text{ m} = -66,85 \text{ kN} = -6814,48 \text{ kg}$$

En donde:

V3 es el valor de la sobrecarga de viento total.

Sobrecarga de viento (V4)

Éste es el caso correspondiente al viento horizontal actuante sobre el muro que va de pórtico a pórtico. Para aproximarle se tomará del CTE el ejemplo de la pared de una nave a dos aguas.

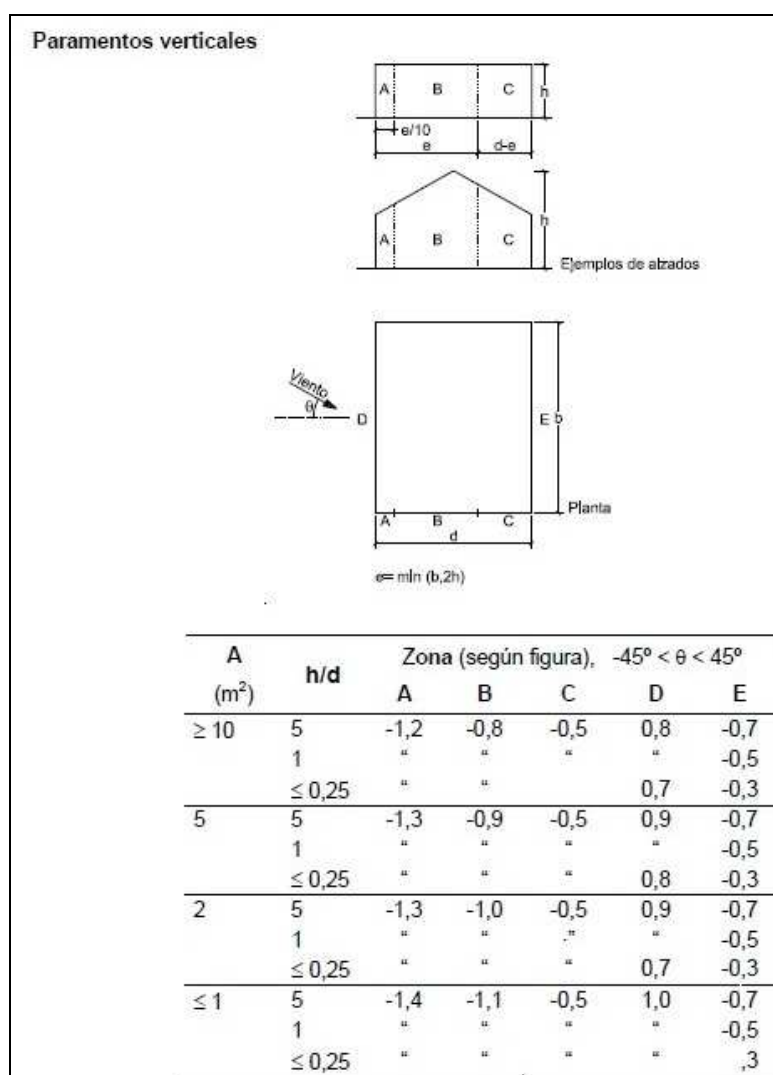


Figura 16 – Coeficientes de presión exterior para paramentos verticales según el CTE

Como se puede ver en la tabla anterior, la zona correspondiente a la pared vertical es la D, y en el caso que nos atañe:

$$h = 9,5 \text{ m}$$

$$d = 15,89 \text{ m}$$

Por lo tanto:



$$\frac{h}{d} = \frac{9,5 \text{ m}}{15,89 \text{ m}} = 0,60$$

Lo cual implica, teniendo en consideración que $A \geq 10 \text{ m}^2$, que el valor de c_p es de 0,8.

Una vez hallado el coeficiente de presión, se puede determinar la sobrecarga de viento por unidad de superficie para la hipótesis V4:

$$q_{e4} = q_b \times c_e \times c_p = 0,45 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 2,1 \times 0,8 = 0,76 \text{ kN} / \text{m}^2$$

En donde:

q_{e4} es la sobrecarga de viento por unidad de superficie para la hipótesis V4.

Tras determinar la carga por unidad de superficie, ya se tienen los suficientes datos para hallar la carga de viento total debida a V4. Teniendo en cuenta que ésta se debe al viento que golpea sobre el muro vertical perimetral del estadio (que va de pórtico a pórtico), el cual tiene una altura de 4 metros, la carga total vendrá determinada por la fórmula siguiente:

$$V4 = q_{e4} \times l_m \times h_m = 0,76 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 8 \text{ m} \times 4 \text{ m} = 24,32 \text{ kN} = 2479,10 \text{ kg}$$

En donde:

V4 es el valor de la sobrecarga de viento total.

l_m es la longitud del muro perimetral que va de pórtico a pórtico.

h_m es la altura del muro perimetral que va de pórtico a pórtico.



2.2.1.4 Transformación de cargas

Una vez determinadas todas las sobrecargas, se procede al cálculo de las mismas por unidad de longitud con objeto de poder introducirlas en la herramienta informática:

Carga permanente (G1)

Puesto que la carga actúa sobre toda la superficie de la viga inclinada y únicamente ejerce fuerzas verticales, la distancia entre la que se debe dividir la misma es la longitud proyectada total del pórtico (15,89 m):

$$G1 = \frac{41780,75 \text{ kg}}{15,89 \text{ m}} = 2629,37 \text{ kg / m} = 2,63 \text{ t / m}$$

Sobrecarga de uso (Q1)

Al igual que en el caso anterior, la sobrecarga de uso actúa sobre toda la longitud de la viga inclinada:

$$Q1 = \frac{64383,28 \text{ kg}}{15,89 \text{ m}} = 4051,81 \text{ kg / m} = 4,05 \text{ t / m}$$

Sobrecarga de nieve (N1)

Lo mismo que en los casos precedentes ocurre en el presente:



$$N1 = \frac{6438,33 \text{ kg}}{15,89 \text{ m}} = 405,18 \text{ kg / m} = 0,41 \text{ t / m}$$

Sobrecarga de viento (V1)

Esta sobrecarga, al contrario que todas las anteriores, transmite esfuerzos verticales y horizontales a la viga inclinada, sin embargo, debido a que la componente horizontal es pequeña y además es la que mejor resistiría la viga inclinada puesto que causaría en la misma esfuerzos de compresión, se considerará la acción de esta sobrecarga como vertical con objeto de simplificar los cálculos de la herramienta informática. Además, de esta forma nos situaremos en un caso (ligeramente) más conservador que el real (debido a que la carga vertical es más dañina que la horizontal), por lo que no se correrá ninguno tipo de riesgo al realizar esta simplificación.

$$V1 = \frac{5626,91 \text{ kg}}{15,89 \text{ m}} = 354,12 \text{ kg / m} = 0,35 \text{ t / m}$$

Sobrecarga de viento (V2)

Se aplica el mismo criterio que para la sobrecarga V1:

$$V2 = \frac{-2333,33 \text{ kg}}{15,89 \text{ m}} = -146,84 \text{ kg / m} = -0,15 \text{ t / m}$$

Sobrecarga de viento (V3)

Para este caso también se aplicará el mismo criterio que para los dos anteriores, pero como la sobrecarga solo actúa sobre el voladizo de la viga inclinada, habrá



que dividir la carga $V3$ entre la longitud de la proyección de dicho voladizo (4,1 metros), y no entre la de toda la viga:

$$V3 = \frac{-6814,48 \text{ kg}}{4,1 \text{ m}} = -1662,07 \text{ kg / m} = -1,66 \text{ t / m}$$

Sobrecarga de viento (V4)

Esta carga actúa sobre el pilar del pórtico, por tanto habrá que dividirla entre la longitud de dicho pilar (6,31 metros):

$$V4 = \frac{2479,10 \text{ kg}}{6,31 \text{ m}} = 392,88 \text{ kg / m} = 0,39 \text{ t / m}$$

2.2.1.5 Cálculo con CYPECAD

Una vez obtenidas las sobrecargas por unidad de longitud actuantes sobre el pórtico, se introducen éstas en la aplicación informática junto a la geometría del pórtico predimensionado. A continuación se procede al cálculo. Como ya se ha dicho anteriormente CYPECAD no optimiza la estructura, simplemente informa de la validez o no de la geometría introducida bajo la acción de las cargas actuantes. De esta manera, en función de los resultados vertidos por el cálculo, se aumenta, o se disminuye el lado de la sección cuadrada del pilar y el canto de la viga inclinada y se recalcula hasta que se consigue optimizar la estructura. Siempre se aumentan o disminuyen estas dimensiones en 5 centímetros, distancia recomendada por el programa. Se considera que utilizar distancias menores sería trabajo baldío, mientras que utilizar distancias mayores haría que los resultados no fueran lo suficientemente precisos para lo requerido en el presente proyecto. De la misma forma se procede para hallar las dimensiones óptimas del pilar de frenado. Las zapatas son dimensionadas por el programa sin ningún tipo de



restricción.

Aunque en “Resultados del cálculo” (capítulo 1.9), se analizarán con detenimiento los datos finales de la geometría del pórtico, a continuación se exponen dos tablas que muestran las dimensiones finales de los elementos optimizados con la herramienta informática.

En la siguiente tabla quedan reflejadas las dimensiones de los elementos estructurales del pórtico:

Pórtico	Canto de la viga inclinada	Ancho de la viga inclinada	Lado del pilar
Pórtico porta-gradas	75 cm	40 cm	40 cm

A continuación se muestran las dimensiones de los elementos de sustentación del pórtico:

Pórtico	Zapata delantera	Zapata trasera	Anchura del pilar de frenado	Profundidad del pilar de frenado
Pórtico porta-gradas	1,6 x 2,35 x 0,95 m	2,4 x 2,4 x 0,6 m	1,25 m	0,3 m

2.2.2 CÁLCULO DEL PÓRTICO DE ENTRADA

2.2.2.1 Predimensionamiento del pórtico

Las dimensiones del pórtico predimensionado son las siguientes:

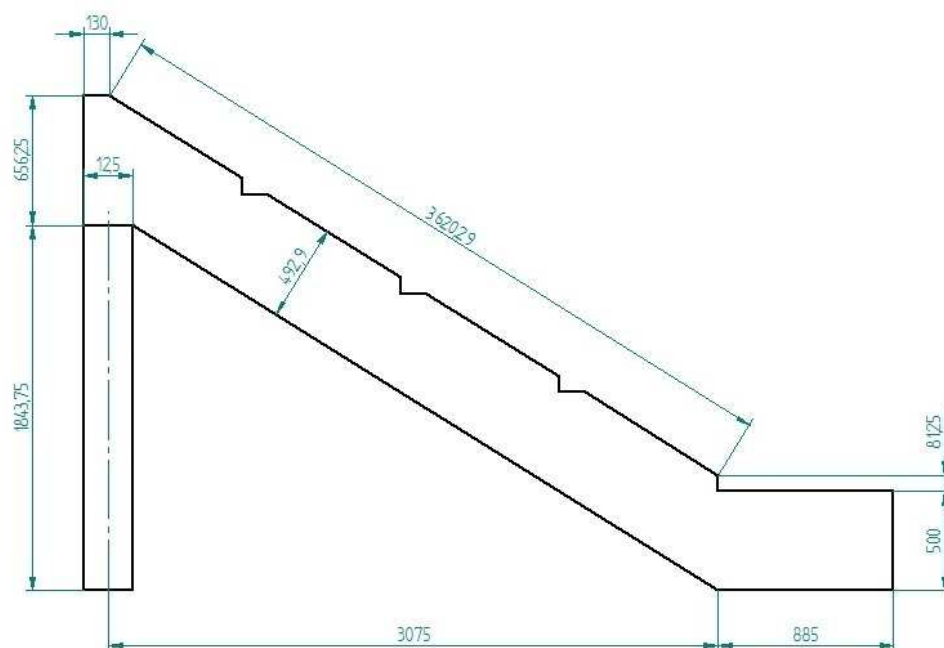


Figura 17 – Pórtico de entrada predimensionado (dimensiones en mm)

La anchura de la sección del pórtico predimensionado es de 20 cm.

2.2.2.2 Elección del pórtico más exigido

El caso más exigente será aquel correspondiente a una apertura situada entre vigas que reposan sobre pórticos porta-gradas separados ocho metros. Es éste el caso más exigente porque al ser las vigas de ocho metros las más largas de todo el estadio, su peso también es el más elevado, y por ende su superficie, lo cual va

emparejado a una mayor sobrecarga de uso, de nieve y de viento. A continuación se expone una imagen en la que se muestra la parte de grada que debe ser resistida por el pórtico de entrada así como la ubicación del mismo:

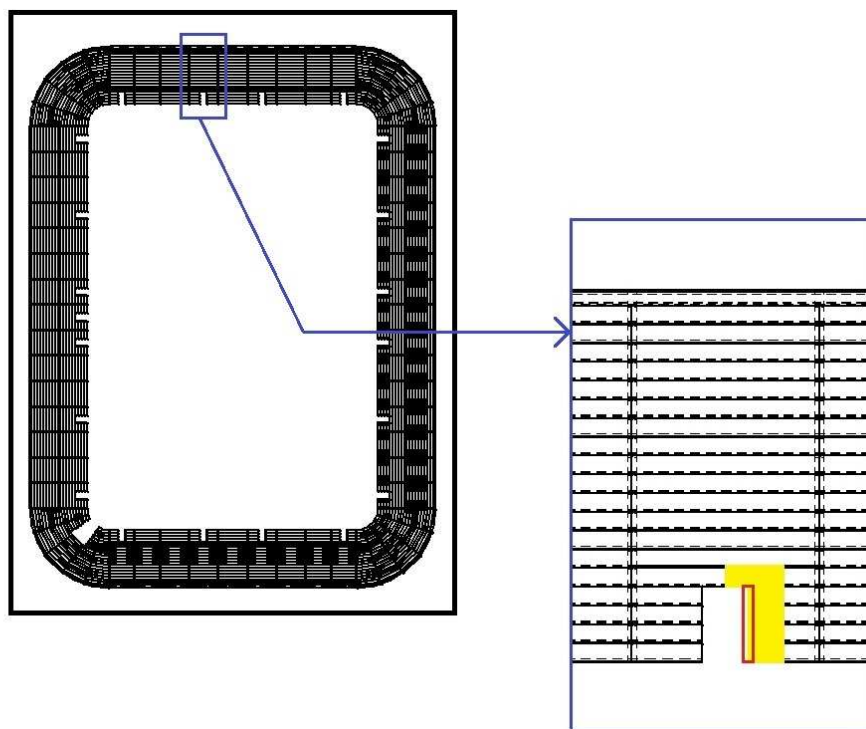


Figura 18 – Zona de acción de las cargas en el pórtico de entrada

Como se puede comprobar en la imagen anterior, el pórtico de entrada absorbe el peso de cinco vigas (cuatro de 1,5 m de longitud y una de 2,5 m) y las cargas que actúan sobre esas vigas (sobrecargas de uso, nieve y viento). Es decir, al pórtico analizado le corresponde la mitad de la superficie de las vigas situadas entre él y el pórtico porta-gradas (excepto en la quinta viga, que es más larga porque también se incluye la mitad de la superficie entre los dos pórticos de entrada).



2.2.2.3 Determinación de cargas

Una vez fijada la zona de la grada que reposa sobre el pórtico analizado, se han de calcular cada una de las diferentes sobrecargas que sobre él actúan (peso propio (G1), sobrecarga de uso (Q1), sobrecarga de nieve (N1) y sobrecargas de viento (V1 y V2)):

Carga permanente (G1)

En este caso la parte del envigado horizontal que sostiene el pórtico de entrada es la correspondiente a 4 vigas con longitud de 1,5 metros y una quinta viga de 2,5 metros de longitud. El número de escalones soportados por el pórtico es de 4,5 pues hay un escalón cuyo peso se reparte entre dos pórticos de entrada.

La masa de todos los elementos uno por uno es la siguiente:

$$m_{5v} = 4 \times 240 \text{ kg} / m \times 1,5 \text{ m} + 1 \times 240 \text{ kg} / m \times 2,5 \text{ m} = 2040 \text{ kg}$$

En donde:

m_{5v} es la masa de las cinco vigas prefabricadas.

$$m_{te} = m_e \times n_e = 220 \text{ kg} \times 4,5 = 990 \text{ kg}$$

En donde:

m_{te} es la masa total de los escalones.

m_e es la masa de un escalón.

n_e es el número de escalones.



Por tanto, la carga permanente total es la que sigue:

$$G1 = m_{sv} + m_{te} = 2040 \text{ kg} + 990 \text{ kg} = 3030 \text{ kg}$$

Sobrecarga de uso (Q1)

La sobrecarga de uso por unidad de superficie es de 5 kN/m^2 según lo dictaminado por el CTE. La superficie sobre la que actúa esta sobrecarga, al igual que en el caso de la sobrecarga de nieve, es la conformada por las huellas de todas las vigas que descansan sobre el pórtico analizado. La superficie de estas huellas se puede calcular fácilmente a partir de los datos sobre la geometría de las vigas que aparecen en el catálogo comercial de Norten PH.

$$Q1 = q_1 \times A_{hv} = 5 \text{ kN} / \text{m}^2 \times (4 \times 0,8 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} + 1 \times 0,8 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}) = 34 \text{ kN} = 3465,85 \text{ kg}$$

En donde:

A_{hv} es el área de las huellas de las vigas.

Sobrecarga de nieve (N1)

La sobrecarga de nieve por unidad de superficie es de $0,5 \text{ kN/m}^2$ tal y como dictamina el CTE. La superficie sobre la que actúa esta sobrecarga es la misma que sobre la que actúa la de uso.

$$N1 = q_n \times A_{hv} = 0,5 \text{ kN} / \text{m}^2 \times (4 \times 0,8 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} + 1 \times 0,8 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}) = 3,4 \text{ kN} = 346,59 \text{ kg}$$



Sobrecarga de viento

Para la obtención de las sobrecargas de viento se van a utilizar los valores de las sobrecargas de viento por unidad de superficie (q_e) obtenidos en el caso del pórtico porta-gradas. Sin embargo, en el caso que ahora nos ocupa, únicamente se calcularán las sobrecargas V1 y V2, puesto que el pórtico analizado no tiene voladizo (por tanto no puede existir V3), y el pilar del pórtico porta-gradas es el que recibe la totalidad de las cargas de viento que golpean sobre el muro perimetral, por lo que el pilar del pórtico pequeño tampoco sufrirá sobrecarga alguna (por lo que tampoco existirá V4).

Sobrecarga de viento (V1)

En primer lugar se ha de tener en cuenta la superficie sobre la que golpeará el viento. Dicha superficie puede aproximarse suponiendo que la grada es plana. Teniendo esto presente, junto a que la longitud de la viga inclinada es de 3,62 metros, y conociendo las partes de las vigas que reposan sobre el pórtico analizado así como el valor de la sobrecarga de viento por unidad de superficie ($q_{e1} = 0,41 \text{ kN/m}^2$), V1 se hallará multiplicando dicha sobrecarga por la superficie sobre la que actúa:

$$V1 = q_{e1} \times l_v \times p_s = 0,41 \text{ kN/m}^2 \times 1,5 \text{ m} \times 3,62 \text{ m} = 2,23 \text{ kN} = 227,32 \text{ kg}$$

Sobrecarga de viento (V2)

Para hallar esta sobrecarga es aplicable lo mismo que para el caso anterior, ya que ambas actúan sobre la misma superficie:

$$V2 = q_{e2} \times l_v \times p_s = -0,17 \text{ kN/m}^2 \times 1,5 \text{ m} \times 3,62 \text{ m} = -0,92 \text{ kN} = -93,78 \text{ kg}$$



2.2.2.4 Transformación de cargas

Tras determinar las cargas totales que el pórtico debe resistir, ahora es necesario obtener estas sobrecargas por unidad de longitud ya que solo así podrán ser introducidas en el programa de cálculo:

Carga permanente (G1)

Debido a que la carga actúa sobre toda la superficie de la viga inclinada, la distancia entre la que se debe dividir la misma es la longitud proyectada del pórtico (4,09 m). Este criterio se hace extensible a todas las sobrecargas actuantes sobre el pórtico.

$$G1 = \frac{3030 \text{ kg}}{4,09 \text{ m}} = 740,83 \text{ kg / m} = 0,74 \text{ t / m}$$

Sobrecarga de uso (Q1)

$$Q1 = \frac{3465,85 \text{ kg}}{4,09 \text{ m}} = 847,40 \text{ kg / m} = 0,85 \text{ t / m}$$

Sobrecarga de nieve (N1)

$$N1 = \frac{346,59 \text{ kg}}{4,09 \text{ m}} = 84,74 \text{ kg / m} = 0,08 \text{ t / m}$$



Sobrecarga de viento (V1)

$$V1 = \frac{227,32 \text{ kg}}{4,09 \text{ m}} = 55,58 \text{ kg / m} = 0,06 \text{ t / m}$$

Sobrecarga de viento (V2)

$$V2 = \frac{-93,78 \text{ kg}}{4,09 \text{ m}} = -22,93 \text{ kg / m} = -0,02 \text{ t / m}$$

2.2.2.5 Cálculo con CYPECAD

Al igual que en el caso del pórtico porta-gradas, una vez halladas las sobrecargas por unidad de longitud, se introducen éstas junto con la geometría del pórtico predimensionado en la herramienta informática y tras ello se aplica el método iterativo hasta que la estructura es optimizada completamente. Las dimensiones finales de los elementos analizados se exponen a continuación, si bien, serán analizadas con mayor detenimiento en las secciones de “Resultados del cálculo” (capítulo 1.9) y “Planos” (documento 3).

Las dimensiones definitivas de la viga inclinada y el pilar son las siguientes:

Pórtico	Canto de la viga inclinada	Ancho de la viga inclinada	Lado del pilar
Pórtico de entrada	25 cm	25 cm	25 cm



Las dimensiones finales de los elementos de sustentación del pórtico son las que se muestran a continuación:

Pórtico	Zapata delantera	Zapata trasera	Anchura del pilar de frenado	Profundidad del pilar de frenado
Pórtico de entrada	1,45 x 1,45 x 0,3 m	0,75 x 0,75 x 0,3 m	0,25 m	0,25 m

2.2.3 CÁLCULO DEL PÓRTICO DE ENTRADA ESPECIAL

2.2.3.1 Predimensionamiento del pórtico

Las dimensiones de pórtico predimensionado son las que siguen:

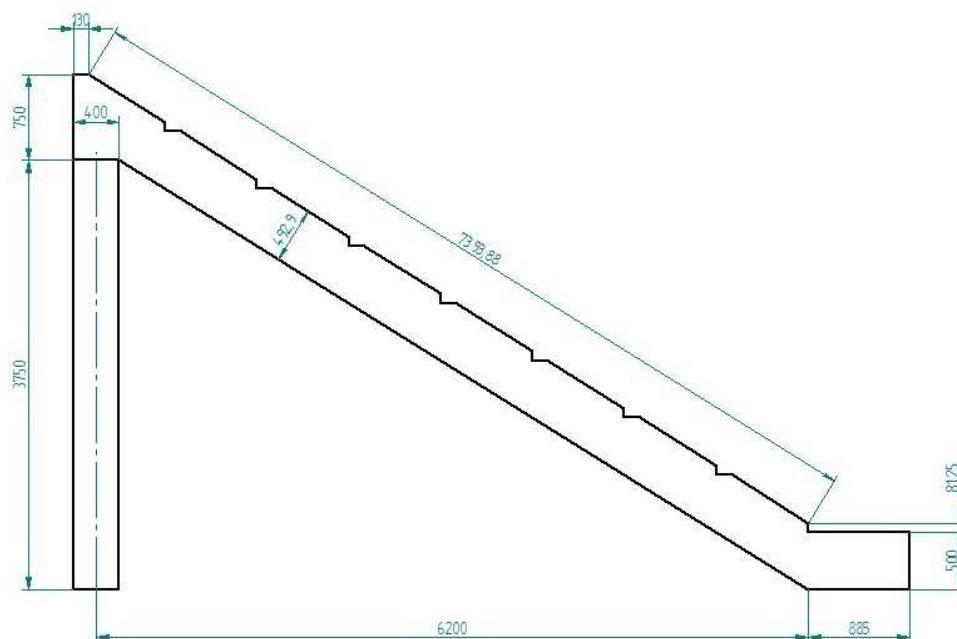


Figura 19 – Pórtico de entrada especial predimensionado (dimensiones en mm)

La anchura de la sección del pórtico predimensionado es de 20 cm.

2.2.3.2 Elección del pórtico más exigido

Realmente en este caso no es necesario buscar cuál es el pórtico de este tipo más exigido puesto que solo hay dos en todo el estadio y ambos están sometidos al mismo régimen de cargas (por simetría de las mismas). Estos dos pórticos se encuentran en la esquina en la que está ubicada la entrada para vehículos de emergencia. En la siguiente imagen se ilustra de forma detallada el emplazamiento de uno de ellos así como la parte del graderío que sobre él descansa:

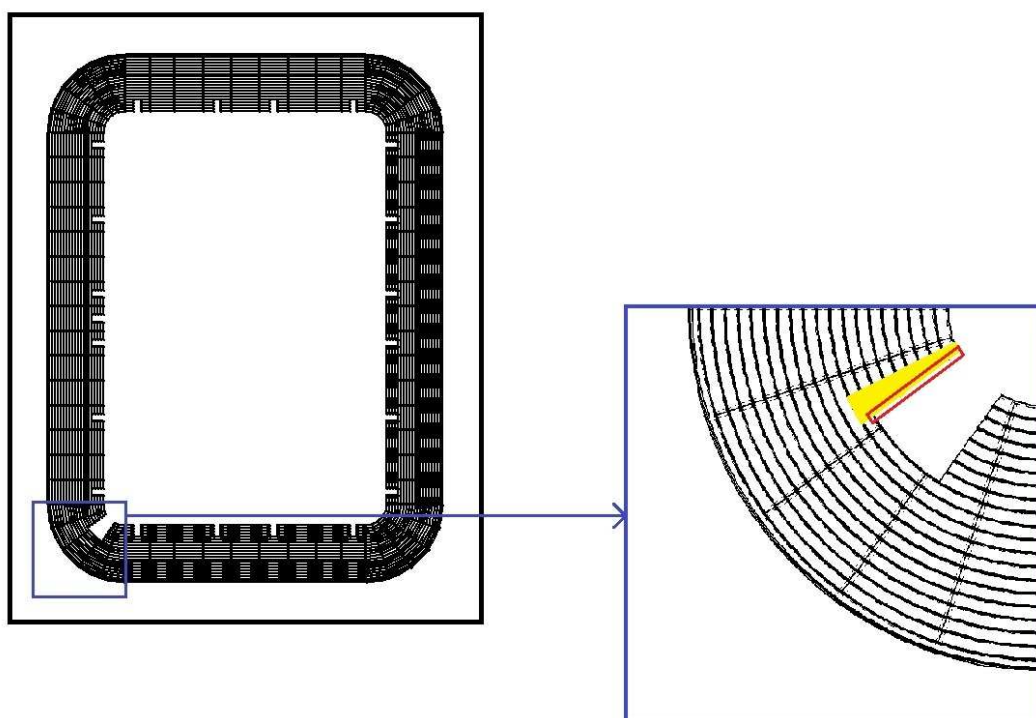


Figura 20 – Zona de acción de las cargas en el pórtico de entrada especial



De la figura anterior se colige que sobre el pórtico objeto de análisis descansan 8 medias vigas y una parte de la novena viga que pese a no ser exactamente la mitad de la misma, se considerará como tal con objeto de simplificar los cálculos y por cuestiones de simetría. Además del peso de estos elementos, el pórtico de entrada especial también ha de soportar las acciones de uso, nieve y viento actuantes sobre la parte de graderío apoyada sobre la viga inclinada. La razón por la que se asigna la mitad de cada viga al pórtico de entrada especial es porque el pórtico porta-gradas contiguo al de entrada especial absorbe las cargas de la otra mitad de las vigas, es decir, se considera que ambos pórticos se reparten de forma idéntica el peso de las vigas que los unen.

2.2.3.3 Determinación de cargas

Carga permanente (G1)

Para este caso la parte del envigado horizontal que descansa sobre el pórtico es la correspondiente a las nueve primeras medias gradas curvas. El número de escalones soportados por el pórtico es de 8 (uno por cada viga excepto en la novena, en la que el peso del escalón recaerá sobre los pórticos de entrada especial traseros).

Como ya se dijo en la memoria, las gradas curvas utilizadas en este proyecto no se encuentran en el catálogo del fabricante, pero sí pueden ser fabricadas por el mismo bajo encargo. Debido a esto, el peso de estas gradas no puede ser consultado en dicho catálogo, por lo que para hallarlo se ha recurrido a la utilización de un programa de modelado 3D (Solid Edge concretamente) con el que se ha podido medir el volumen de las vigas, a partir de lo cual, y siendo la densidad de las mismas un dato conocido, se ha determinado su masa. La medición mediante la herramienta informática mostró que el volumen del conjunto de las vigas era de $1,36 \text{ m}^3$, por otro lado, la densidad del hormigón con el que están hechas es de $2454,05 \text{ kg/m}^3$. Teniendo en cuenta estos datos, la masa de



todos los elementos uno por uno es la siguiente:

$$m_{vc} = \rho \times V = 2454,05 \text{ kg} / \text{m}^3 \times 1,36 \text{ m}^3 = 3337,51 \text{ kg}$$

En donde:

m_{vc} es la masa total de las vigas curvas.

$$m_{te} = m_e \times n_e = 220 \text{ kg} \times 8 = 1760 \text{ kg}$$

Por tanto, la carga permanente total es la que sigue:

$$G1 = m_{vc} + m_{te} = 3337,51 \text{ kg} + 1760 \text{ kg} = 5097,51 \text{ kg}$$

Sobrecarga de uso (Q1)

La sobrecarga de uso por unidad de superficie es 5 kN/m^2 tal y como dictamina el CTE. En este caso, al contrario que en los anteriores, al ser las vigas horizontales de diseño propio, su huella no puede ser consultada en tablas, por lo que este dato, al igual que el volumen de las vigas, ha sido obtenido mediante el programa informático Solid Edge, concretamente, la superficie medida es de $10,30 \text{ m}^2$.

$$Q1 = q_1 \times A_{hvc} = 5 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 10,30 \text{ m}^2 = 51,50 \text{ kN} = 5249,75 \text{ kg}$$

En donde:

A_{hvc} es el área total de las huellas de las vigas curvas.



Sobrecarga de nieve (N1)

La sobrecarga de nieve por unidad de superficie es de $0,5 \text{ kN/m}^2$ tal y como dictamina el CTE. Lógicamente la superficie sobre la que actúa esta sobrecarga es la misma que sobre la que actúa la sobrecarga de uso.

$$N1 = q_n \times A_{hvc} = 0,5 \text{ kN/m}^2 \times 10,30 \text{ m}^2 = 5,15 \text{ kN} = 524,97 \text{ kg}$$

Sobrecarga de viento

Para la obtención de las sobrecargas de viento se van a utilizar los valores de las sobrecargas de viento por unidad de superficie (q_e) obtenidos en el caso del pórtico porta-gradas al igual que se hizo en el caso anterior (pórtico de entrada). Para este pórtico no se calcularán V3 y V4 por las mismas razones por las que tampoco fueron calculadas para el pórtico de entrada.

Sobrecarga de viento (V1)

En primer lugar se ha de tener en cuenta la superficie sobre la que golpeará el viento. Esta superficie puede aproximarse suponiendo que la grada es plana (como ya se dijo anteriormente). Teniendo esto en cuenta, sumado a que la longitud de la viga inclinada es de $7,39 \text{ m}$, y conociendo la parte de las vigas que reposa sobre el pórtico analizado así como el valor de la sobrecarga de viento por unidad de superficie ($q_{e1} = 0,41 \text{ kN/m}^2$), se hallará V1 mediante el cálculo que sigue:



$$V1 = q_{e1} \times A_{svc} = 0,41 \text{ kN} / \text{m}^2 \times \pi \times (7,39 \text{ m})^2 \times \frac{18}{360} \times 0,5 = 1,76 \text{ kN} = 179,41 \text{ kg}$$

En donde:

A_{svc} es el área de la superficie conformada por las vigas curvas.

Sobrecarga de viento (V2)

Para determinar esta sobrecarga es aplicable el mismo criterio que para el caso precedente, teniendo en cuenta que ambas actúan sobre la misma superficie:

$$V2 = q_{e2} \times A_{svc} = -0,17 \text{ kN} / \text{m}^2 \times \pi \times (7,39 \text{ m})^2 \times \frac{18}{360} \times 0,5 = -0,73 \text{ kN} = -74,41 \text{ kg}$$

2.2.3.4 Transformación de cargas

Carga permanente (G1)

Al actuar esta carga sobre toda la superficie de la viga inclinada, la distancia entre la que se debe dividir la misma es la longitud proyectada del pórtico (7,29 metros). Este criterio se aplicará a todas las cargas actuantes sobre este pórtico:

$$G1 = \frac{5097,51 \text{ kg}}{7,29 \text{ m}} = 699,25 \text{ kg} / \text{m} = 0,70 \text{ t} / \text{m}$$

Sobrecarga de uso (Q1)

$$Q1 = \frac{5249,75 \text{ kg}}{7,29 \text{ m}} = 720,13 \text{ kg} / \text{m} = 0,72 \text{ t} / \text{m}$$



Sobrecarga de nieve (N1)

$$N1 = \frac{524,97 \text{ kg}}{7,29 \text{ m}} = 72,01 \text{ kg / m} = 0,07 \text{ t / m}$$

Sobrecarga de viento (V1)

$$V1 = \frac{179,41 \text{ kg}}{7,29 \text{ m}} = 24,61 \text{ kg / m} = 0,02 \text{ t / m}$$

Sobrecarga de viento (V2)

$$V2 = \frac{-74,41 \text{ kg}}{7,29 \text{ m}} = -10,21 \text{ kg / m} = -0,01 \text{ t / m}$$

2.2.3.5 Cálculo con CYPECAD

Una vez halladas las sobrecargas por unidad de longitud, se introducen éstas junto con la geometría del pórtico predimensionado en el programa informático y tras ello se aplica el método iterativo anteriormente explicado, hasta que se obtiene la estructura optimizada. Las dimensiones resultantes de los diferentes elementos que conforman el pórtico se muestran a continuación, no obstante, serán analizadas con mayor detenimiento en la sección de la memoria “Resultados del cálculo” (capítulo 1.9).

Las dimensiones finales de la viga inclinada y el pilar del pórtico de entrada especial son las que se exponen en la siguiente tabla:



Pórtico	Canto de la viga inclinada	Ancho de la viga inclinada	Lado del pilar
Pórtico de entrada especial	35 cm	25 cm	25 cm

Las dimensiones optimizadas de los elementos de sustentación se muestran a continuación:

Pórtico	Zapata delantera	Zapata trasera	Anchura del pilar de frenado	Profundidad del pilar de frenado
Pórtico de entrada especial	1,65 x 1,65 x 0,7 m	0,75 x 0,75 x 0,3 m	0,25 m	0,25 m

2.2.4 CÁLCULO DEL PÓRTICO DE ENTRADA ESPECIAL TRASERO

2.2.4.1 Predimensionamiento del pórtico

Las dimensiones de pórtico predimensionado quedan reflejadas en la siguiente imagen:

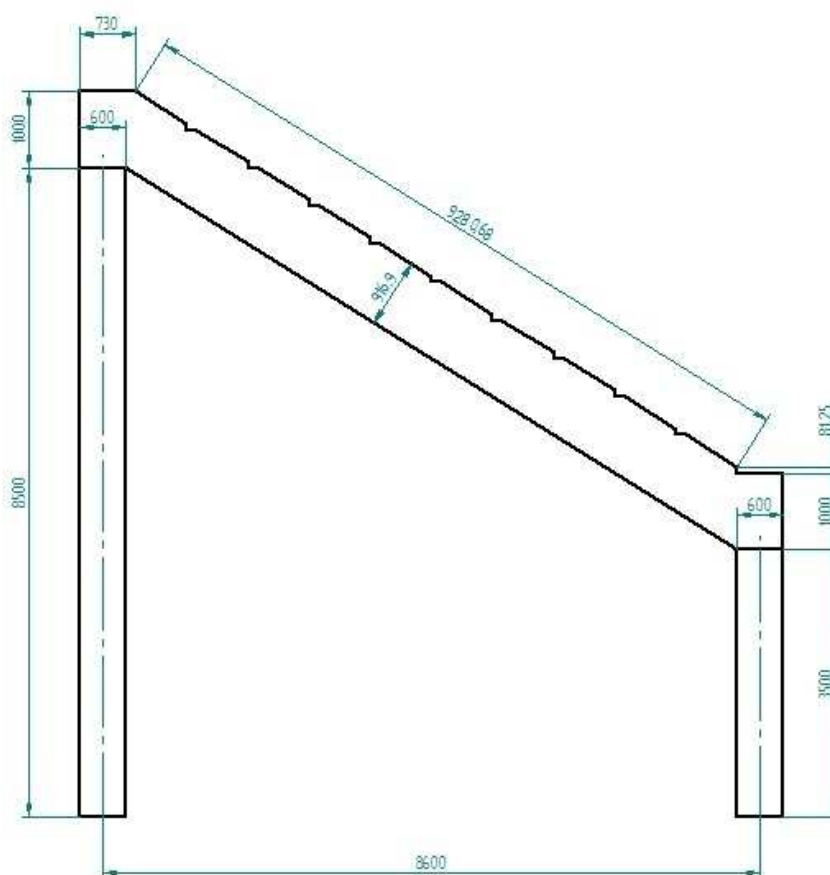


Figura 21 – Pórtico de entrada especial trasero predimensionado (dimensiones en mm)

La anchura de la sección del pórtico predimensionado es de 20 cm.

2.2.4.2 Elección del pórtico más exigido

Al igual que en el caso del pórtico de entrada especial, en este caso tampoco es necesario buscar cuál es el pórtico de este tipo más exigido puesto que solo hay dos en todo el estadio y ambos están sometidos al mismo régimen de cargas (por simetría de las mismas). En la siguiente imagen se muestra de forma detallada la ubicación del pórtico de entrada especial trasero así como la parte del graderío que sobre él descansa:

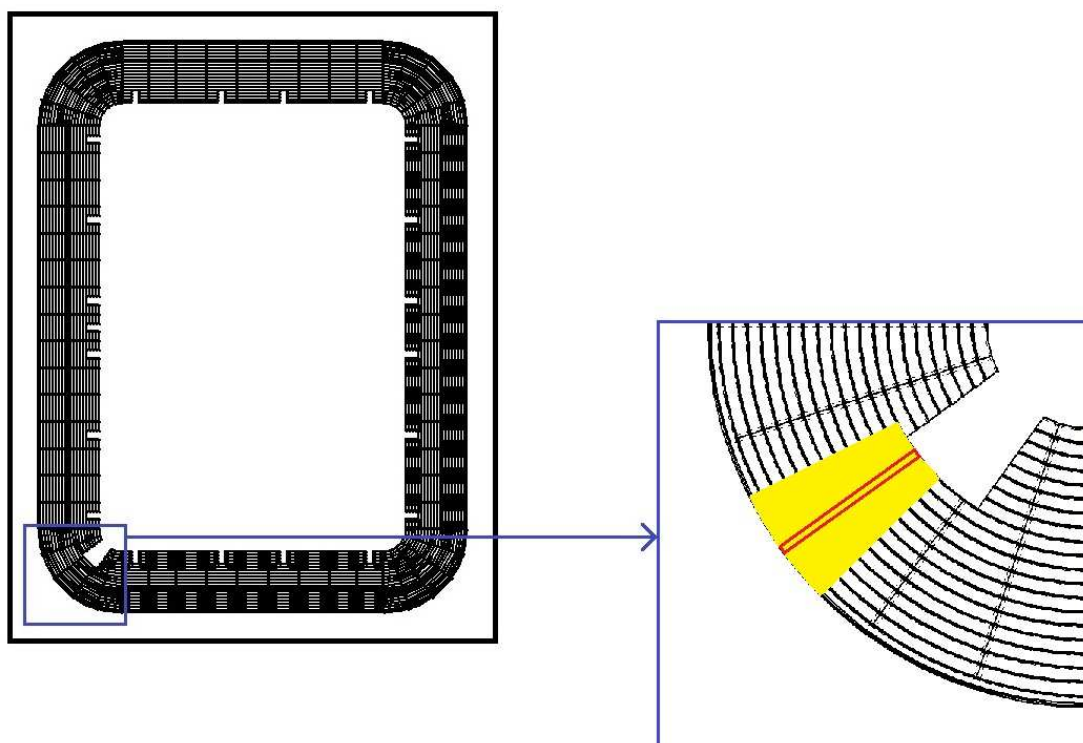


Figura 22 – Zona de acción de las cargas en el pórtico de entrada especial trasero

Se considera que este pórtico tiene que soportar el peso de 11 vigas curvas completas, una placa de remate curva completa, un antepecho entero y medio escalón, puesto que por cuestiones de simetría se considera que el peso del peldaño situado en la novena fila de las vigas prefabricadas se reparte simétricamente entre los dos pórticos en curva.

2.2.4.3 Determinación de cargas

Carga permanente (G1)

El pórtico objeto de análisis tiene que resistir en cuanto a carga permanente se refiere el peso equivalente a once vigas curvas completas, una placa de remate curva completa y un antepecho curvo completo tal y como se ha dicho en el punto



anterior. Siguiendo el mismo criterio que el utilizado con el pórtico de entrada, el volumen de las vigas así como el de la placa de remate y el antepecho, ha sido calculado mediante Solid Edge, siendo los resultados obtenidos de $5,75 \text{ m}^3$, $0,26 \text{ m}^3$ y $1,54 \text{ m}^3$ respectivamente. Además, cabe recordar que la densidad del hormigón toma el valor de $2454,05 \text{ kg/m}^3$.

$$m_{vc} = \rho \times V = 2454,05 \text{ kg} / \text{m}^3 \times 5,75 \text{ m}^3 = 14110,79 \text{ kg}$$

$$m_{prc} = \rho \times V = 2454,05 \text{ kg} / \text{m}^3 \times 0,26 \text{ m}^3 = 638,05 \text{ kg}$$

En donde:

m_{prc} es la masa de la placa de remate curva.

$$m_{ac} = \rho \times V = 2454,05 \text{ kg} / \text{m}^3 \times 1,54 \text{ m}^3 = 3779,24 \text{ kg}$$

En donde:

m_{ac} es la masa del antepecho curvo.

$$m_{te} = m_e \times n_e = 220 \text{ kg} \times 0,5 = 110 \text{ kg}$$

Sumando todos los pesos anteriores se obtiene el peso total debido a la carga permanente:

$$G1 = m_{vc} + m_{prc} + m_{ac} + m_{te} = 14110,79 \text{ kg} + 638,05 \text{ kg} + 3779,24 \text{ kg} + 110 \text{ kg} = 18638,08 \text{ kg}$$



Sobrecarga de uso (Q1)

La sobrecarga de uso por unidad de superficie es de 5 kN/m^2 según el CTE. Al igual que en el análisis del pórtico anterior, el hecho de que las gradas que reposan sobre el pórtico sean curvas obliga a calcular el área de las huellas de dichas gradas mediante Solid Edge. El valor obtenido es de $44,10 \text{ m}^2$. Con este dato se puede hallar Q1:

$$Q1 = q_1 \times A_{hvc} = 5 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 44,10 \text{ m}^2 = 220,5 \text{ kN} = 22477,06 \text{ kg}$$

Sobrecarga de nieve (N1)

Según el CTE la sobrecarga de nieve por unidad de superficie es de $0,5 \text{ kN/m}^2$. La superficie sobre la que puede depositarse la nieve es la misma que la destinada a la sobrecarga de uso, es decir, el área de las huellas de las vigas. Según estos datos, N1 se obtendrá con la fórmula que sigue:

$$N1 = q_n \times A_{hvc} = 0,5 \text{ kN} / \text{m}^2 \times 44,10 \text{ m}^2 = 22,05 \text{ kN} = 2247,71 \text{ kg}$$

Sobrecarga de viento (V1)

Para determinar las sobrecargas de viento se van a utilizar los valores de las sobrecargas de viento por unidad de superficie (q_e) obtenidos en el caso del pórtico porta-gradas al igual que se hizo en el análisis de los dos pórticos anteriores. Y también al igual que en dichos casos, se calcularán V1 y V2 pero no V3 y V4 puesto que el pórtico analizado carece de voladizo (por lo que V3 no puede existir) y tampoco su pilar recibe sobrecarga alguna de tipo ventoso, pues el muro perimetral transmite estas cargas a los pilares de los pórticos porta-gradas (por lo que tampoco se analiza la hipótesis V4).



$$V1 = q_{e1} \times A_{svc} = 0,41 \text{ kN} / \text{m}^2 \times \left(\frac{\pi \times (16,83 \text{ m})^2 \times 18}{360} - \frac{\pi \times (16,83 \text{ m} - 9,28 \text{ m})^2 \times 18}{360} \right) =$$
$$= 14,57 \text{ kN} = 1485,22 \text{ kg}$$

Sobrecarga de viento (V2)

Es aplicable lo mismo que para la sobrecarga anterior:

$$V2 = q_{e2} \times A_{svc} = -0,17 \text{ kN} / \text{m}^2 \times \left(\frac{\pi \times (16,83 \text{ m})^2 \times 18}{360} - \frac{\pi \times (16,83 \text{ m} - 9,28 \text{ m})^2 \times 18}{360} \right) =$$
$$= -6,04 \text{ kN} = -615,70 \text{ kg}$$

2.2.4.4 Transformación de cargas

Una vez halladas las cargas totales que el pórtico debe resistir, la siguiente fase de este procedimiento consiste en obtener estas sobrecargas por unidad de longitud, de tal forma que puedan ser introducidas en la herramienta informática:

Carga permanente (G1)

Esta carga actúa sobre la totalidad de la superficie de la viga inclinada, de tal forma que la distancia entre la que se debe dividir dicha carga debe ser la proyección horizontal de pórtico, es decir, 9,2 m. Este criterio se aplicará a todas las cargas actuantes sobre el pórtico objeto de análisis:

$$G1 = \frac{18638,08 \text{ kg}}{9,2 \text{ m}} = 2025,89 \text{ kg} / \text{m} = 2,03 \text{ t} / \text{m}$$



Sobrecarga de uso (Q1)

$$Q1 = \frac{22477,06 \text{ kg}}{9,2 \text{ m}} = 2443,16 \text{ kg / m} = 2,44 \text{ t / m}$$

Sobrecarga de nieve (N1)

$$N1 = \frac{2247,71 \text{ kg}}{9,2 \text{ m}} = 244,32 \text{ kg / m} = 0,24 \text{ t / m}$$

Sobrecarga de viento (V1)

$$V1 = \frac{1485,22 \text{ kg}}{9,2 \text{ m}} = 161,44 \text{ kg / m} = 0,16 \text{ t / m}$$

Sobrecarga de viento (V2)

$$V2 = \frac{-615,70 \text{ kg}}{9,2 \text{ m}} = -66,92 \text{ kg / m} = -0,07 \text{ t / m}$$

2.2.4.5 Cálculo con CYPECAD

Al igual que en los casos anteriores, tras hallar las sobrecargas por unidad de longitud, se introducen éstas junto con la geometría del pórtico predimensionado en el programa informático, a continuación de lo cual se aplica el método iterativo ya descrito, hasta que se obtiene la estructura optimizada. También como en los casos anteriores, los diferentes elementos que conforman el pórtico serán analizados con mayor detenimiento en la sección “Resultados del cálculo”



(capítulo 1.9), aunque las dimensiones se muestran a continuación.

En la siguiente tabla quedan fijadas las dimensiones finales de los dos pilares y la viga inclinada del pórtico de entrada especial trasero.

Pórtico	Canto de la viga inclinada	Ancho de la viga inclinada	Lado del pilar trasero	Lado del pilar delantero
Pórtico de entrada especial trasero	85 cm	25 cm	35 cm	25 cm

A continuación se muestran las dimensiones definitivas de los elementos de sustentación del pórtico:

Pórtico	Zapata delantera	Zapata trasera
Pórtico de entrada especial trasero	1,05 x 1,45 x 0,3 m	1,35 x 1,35 x 0,35 m



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

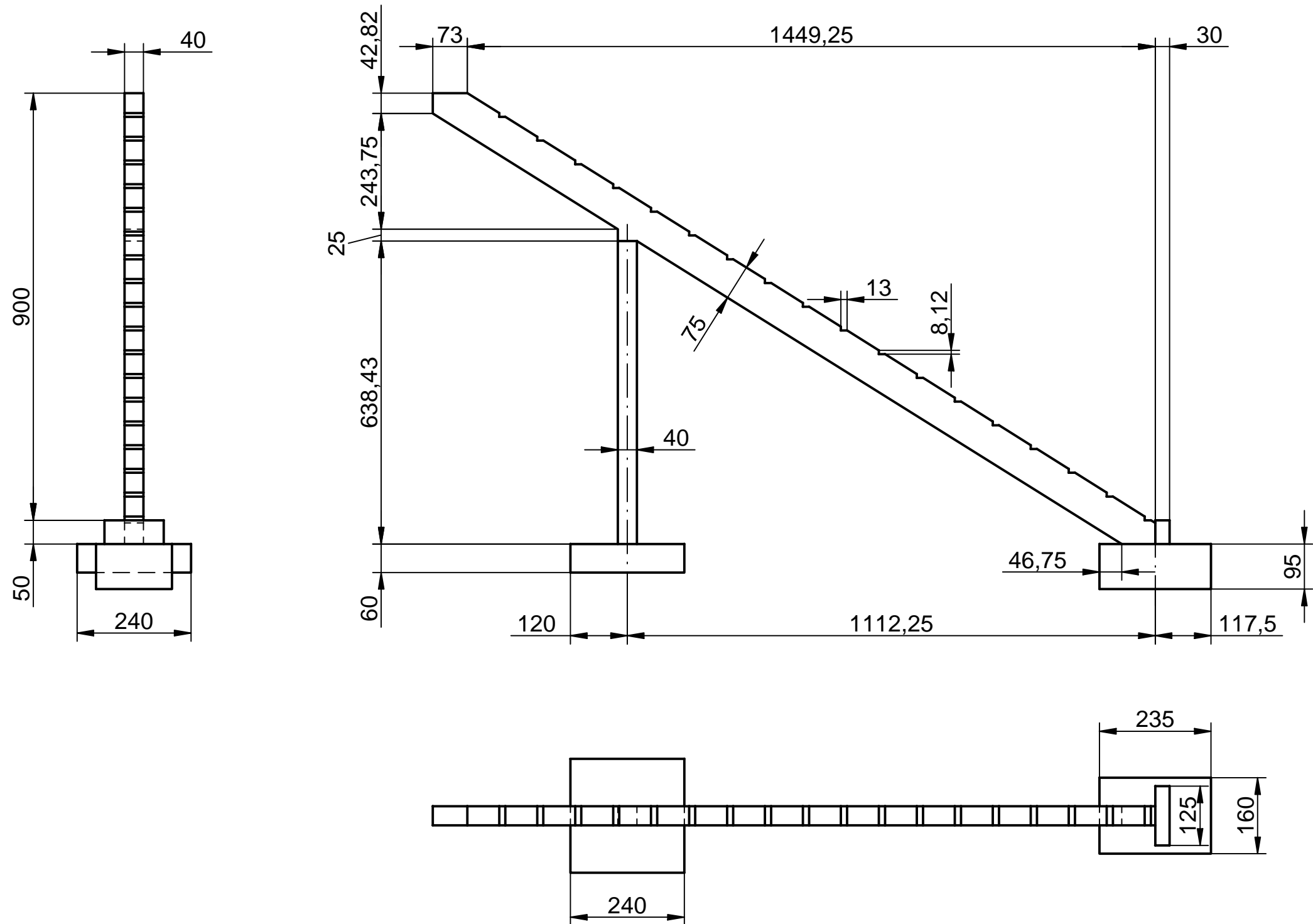
DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO
DE FÚTBOL

DOCUMENTO PLANOS

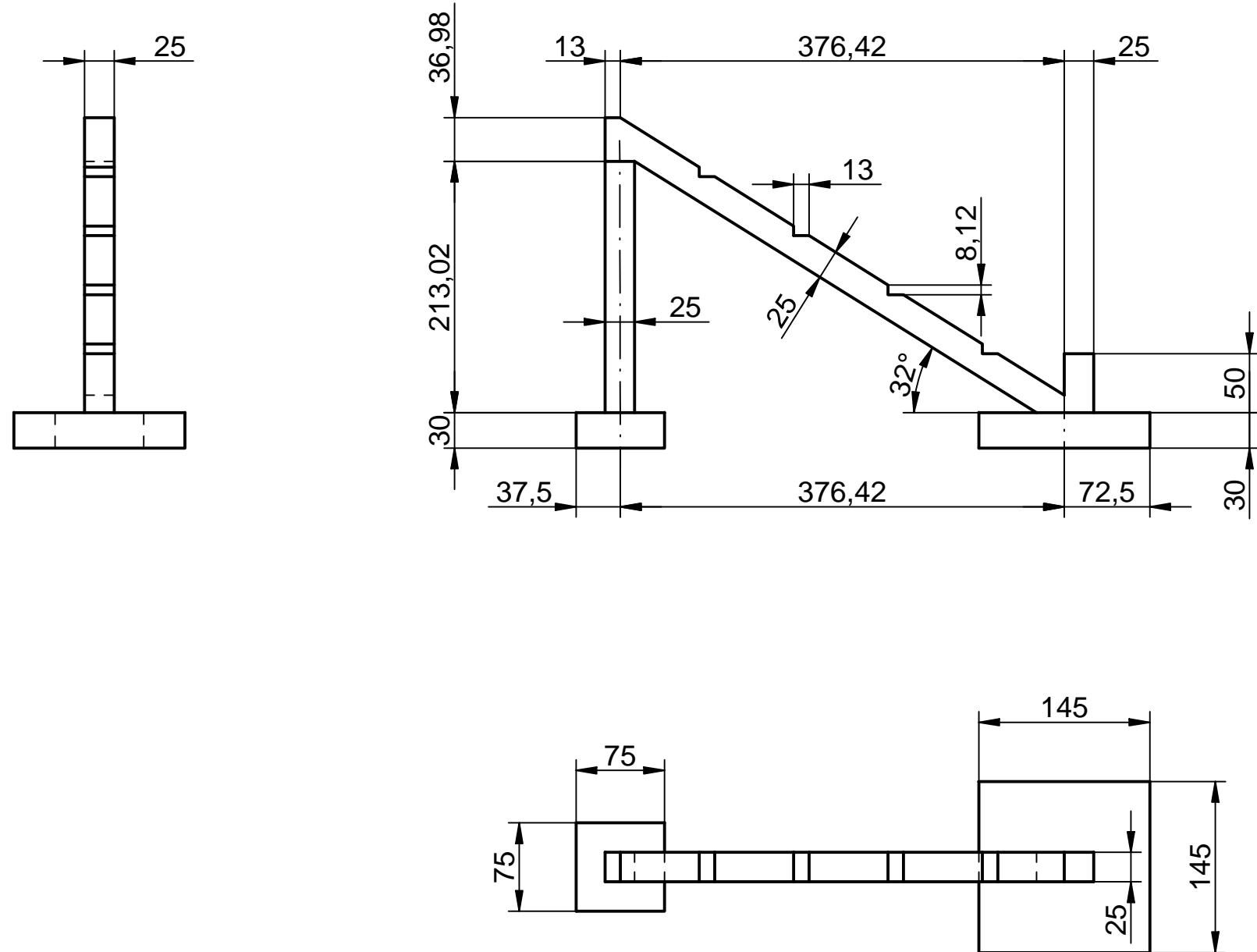
Marcos Herrero Laborda

Francisco Javier Domínguez Equiza

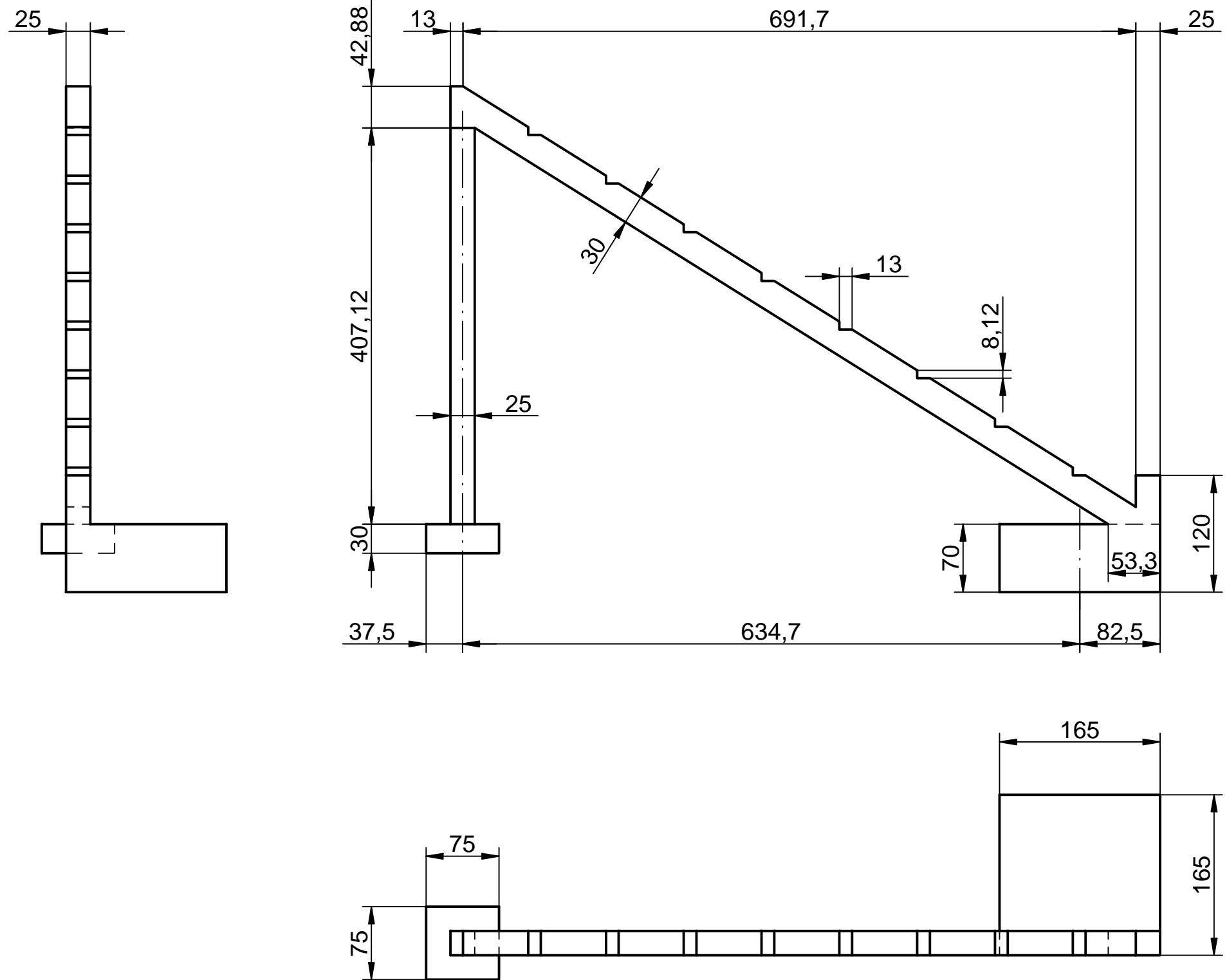
Tudela, 24 de Abril de 2012




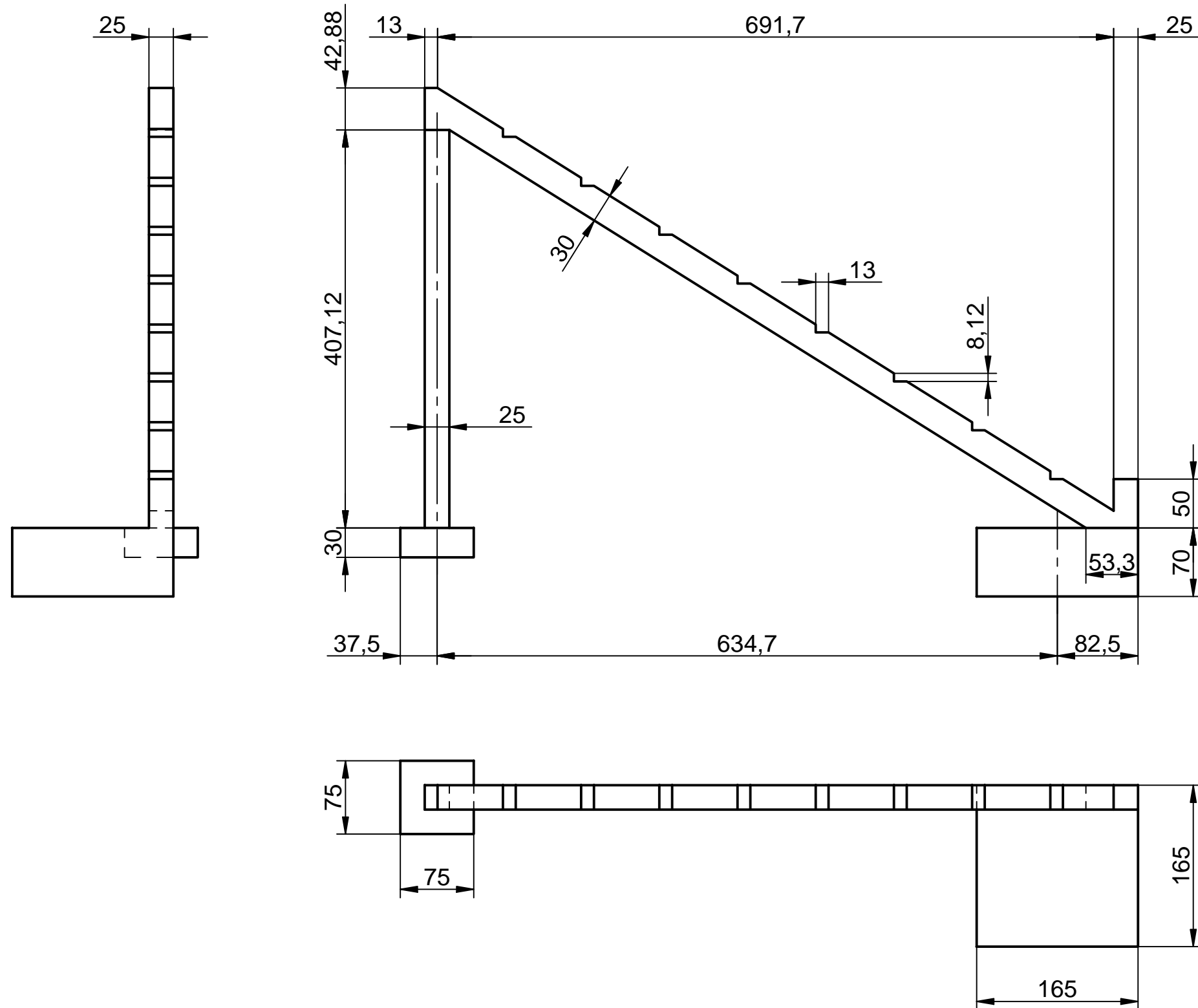
 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>	E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES		
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.				
PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL			REALIZADO: HERRERO LABORDA, MARCOS		
			FIRMA:		
PLANO: PÓRTICO PORTA-GRADAS			FECHA: 4/4/12	ESCALA: 1:100	Nº PLANO: 1



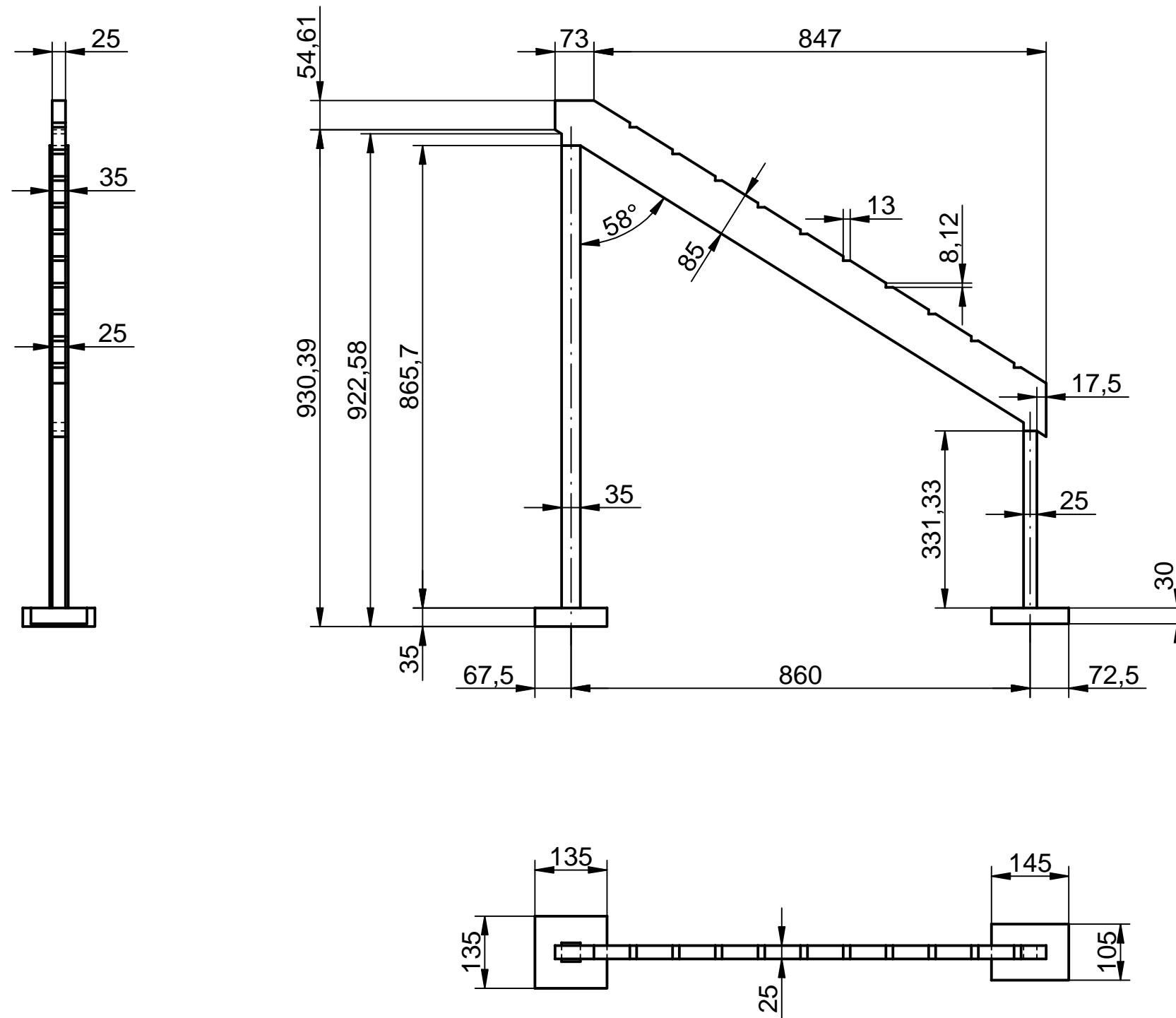
	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES		
		INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.				
PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL				REALIZADO: HERRERO LABORDA, MARCOS		
				FIRMA:		
PLANO: PÓRTICO DE ENTRADA				FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:
				4/4/12	1:50	2



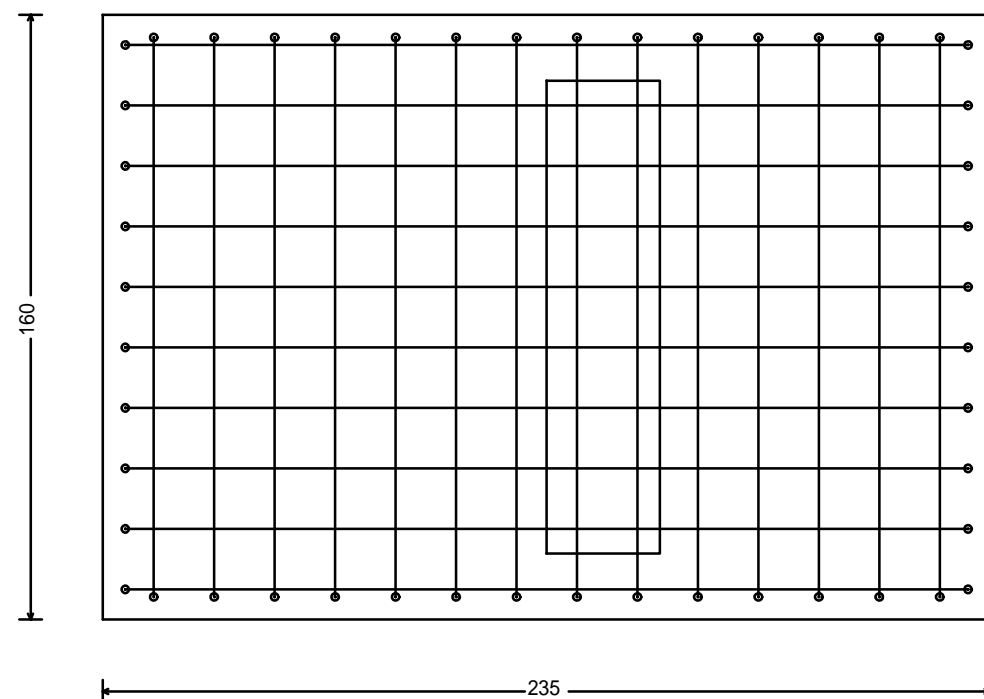
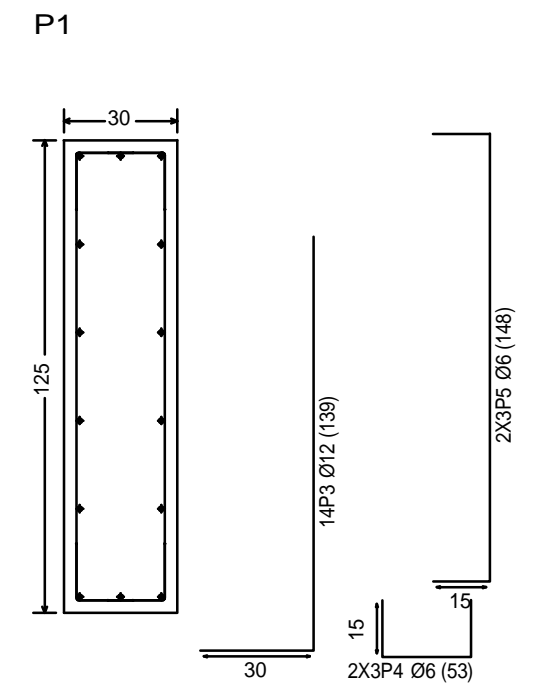
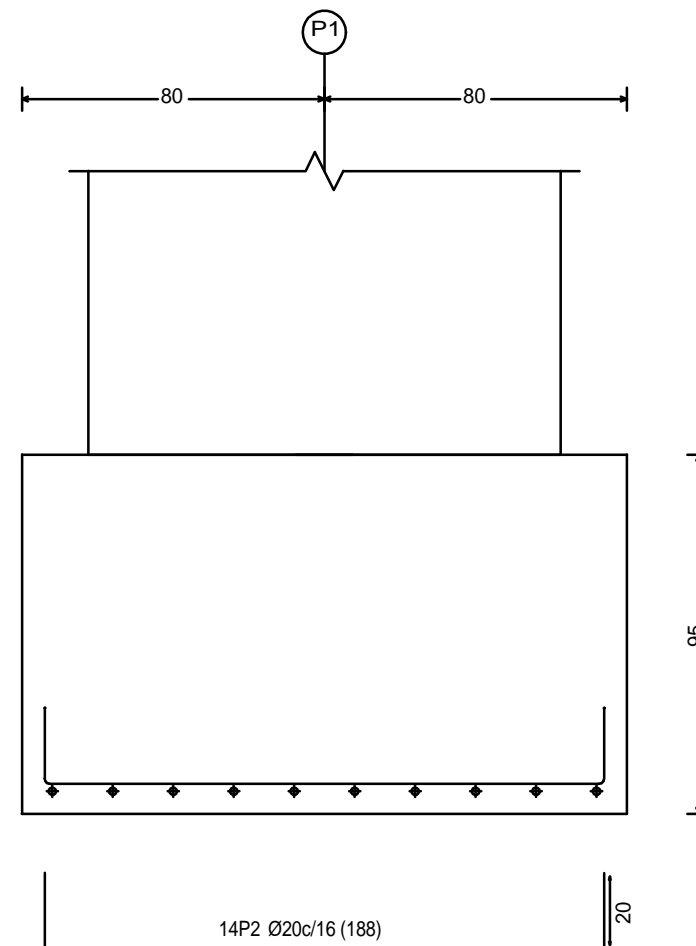
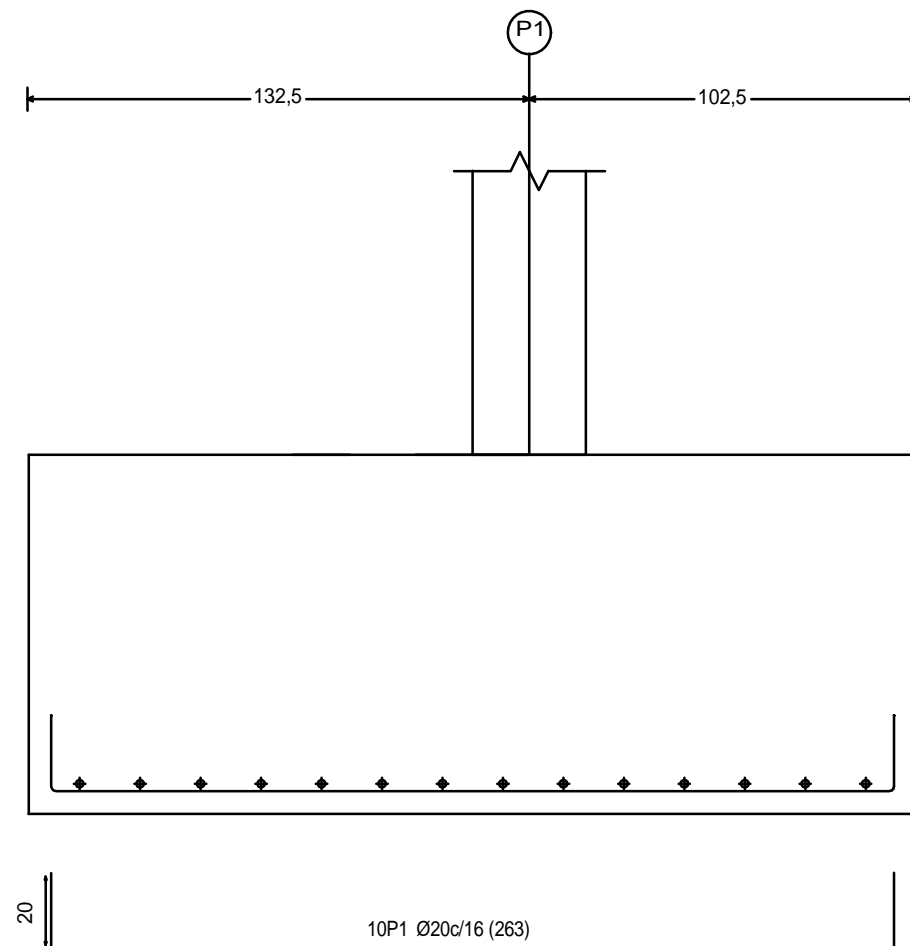
	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES		
		INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.				
PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL				REALIZADO: HERRERO LABORDA, MARCOS		
				FIRMA:		
PLANO: PÓRTICO DE ENTRADA ESPECIAL IZQUIERDO				FECHA: 4/4/12	ESCALA: 1:50	Nº PLANO: 3



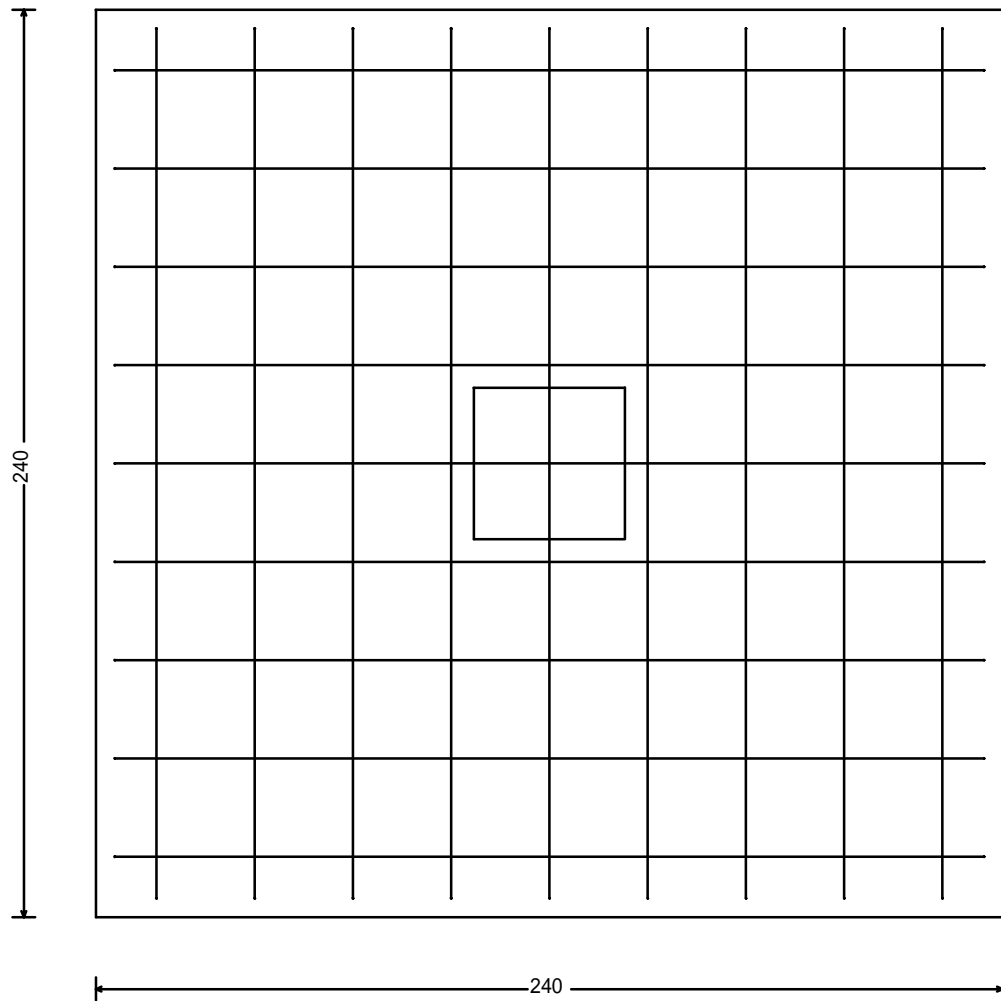
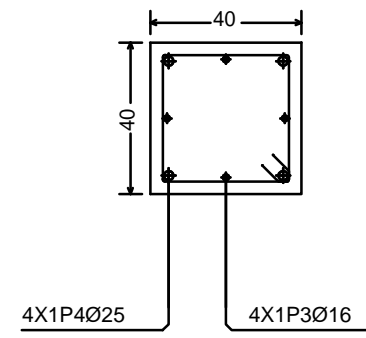
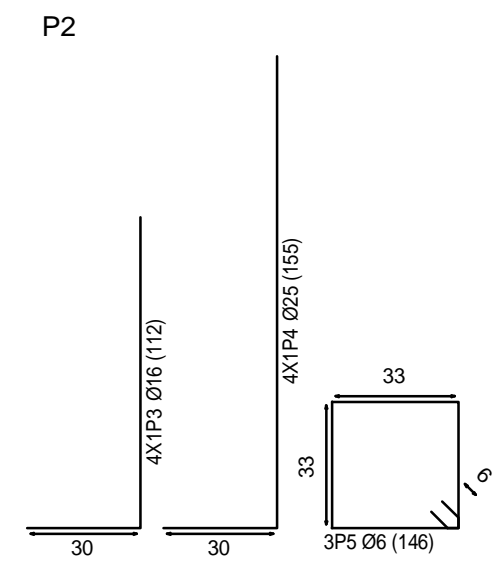
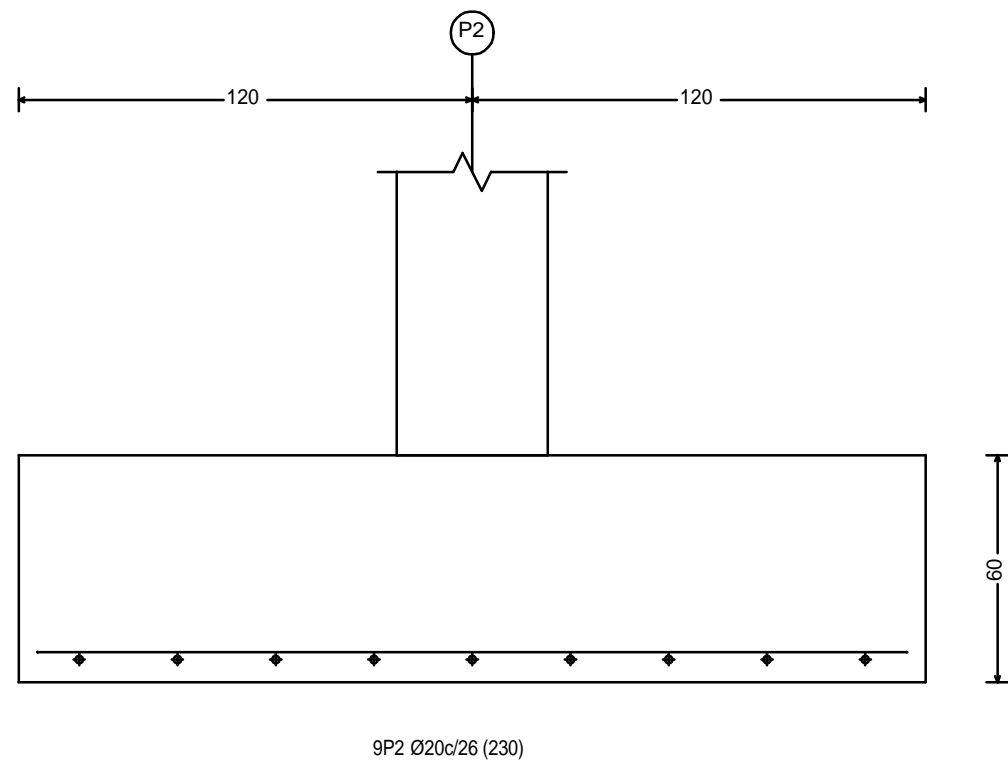
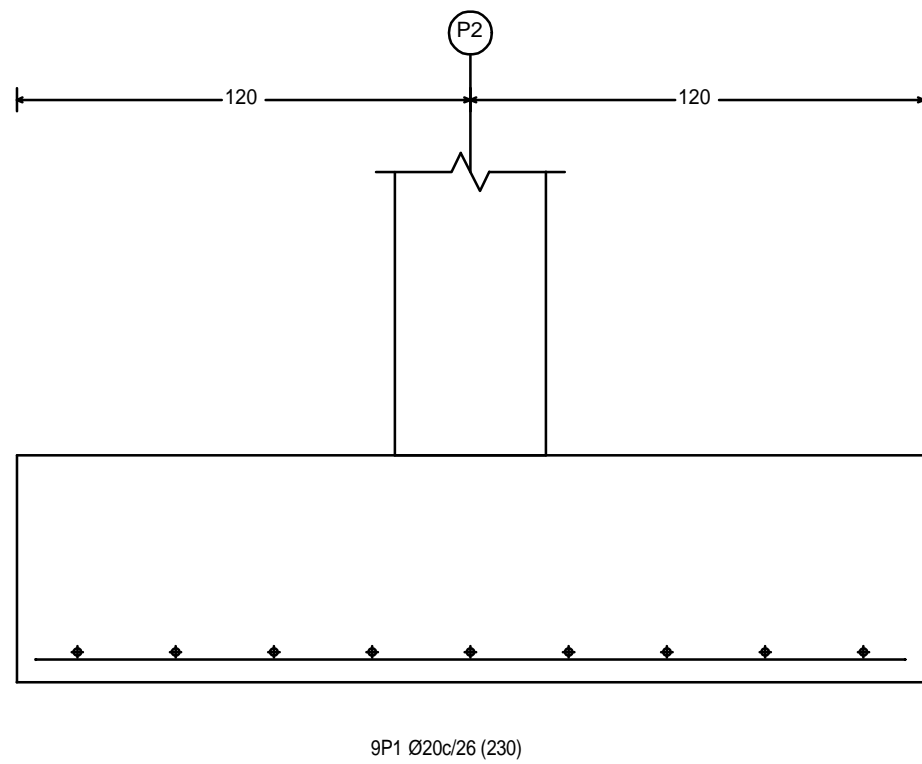
	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES		
		INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.				
PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL				REALIZADO: HERRERO LABORDA, MARCOS		
				FIRMA:		
PLANO: PÓRTICO DE ENTRADA ESPECIAL DERECHO				FECHA: 4/4/12	ESCALA: 1:50	Nº PLANO: 4



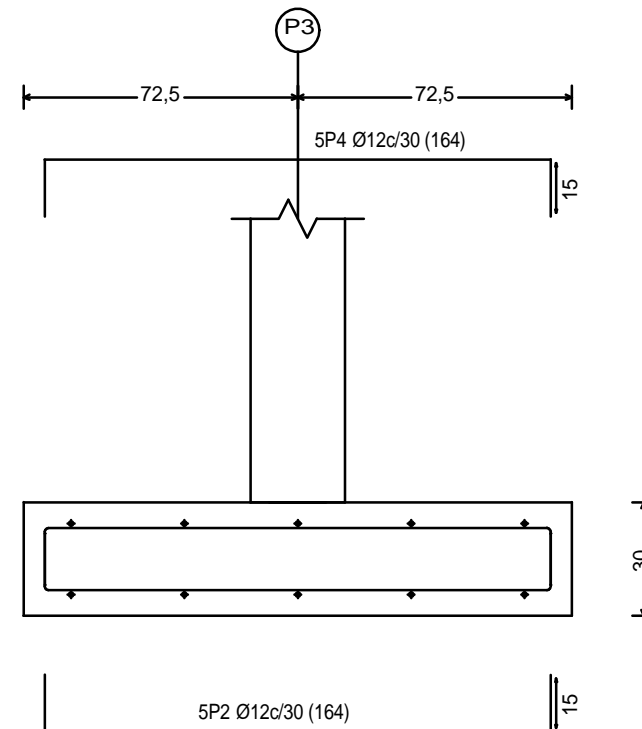
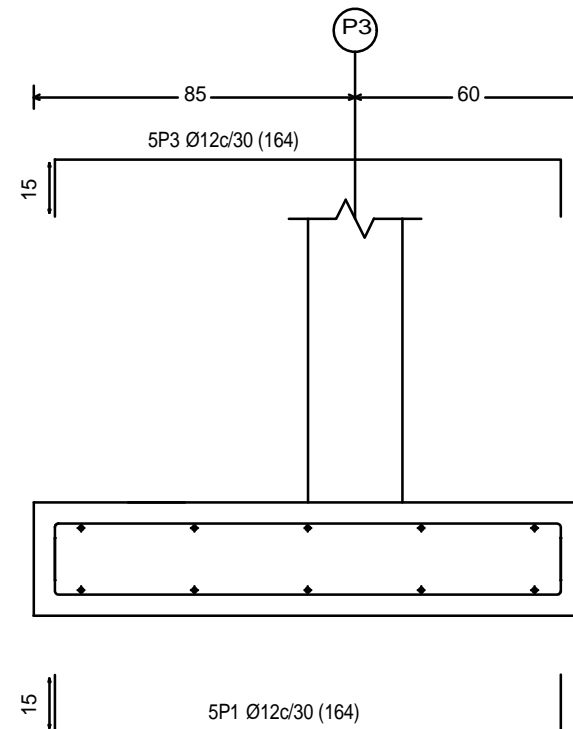
	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES		
		INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.				
PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL				REALIZADO: HERRERO LABORDA, MARCOS		
				FIRMA:		
PLANO: PÓRTICO DE ENTRADA ESPECIAL TRASERO				FECHA: 4/4/12	ESCALA: 1:50	Nº PLANO: 5



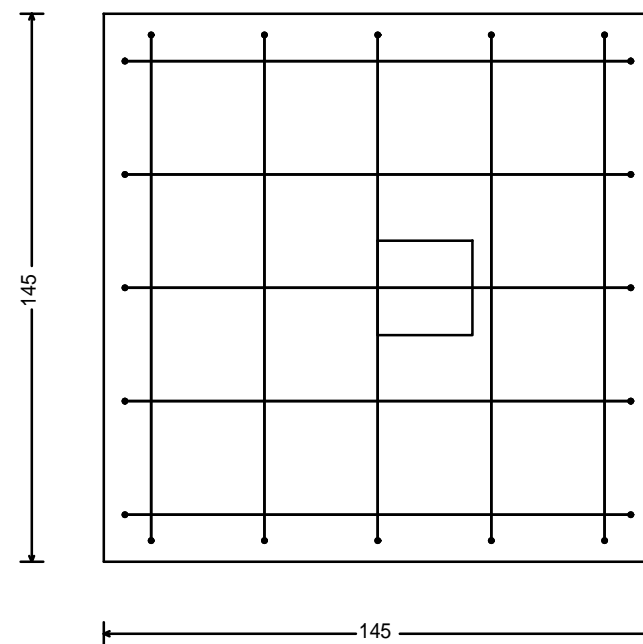
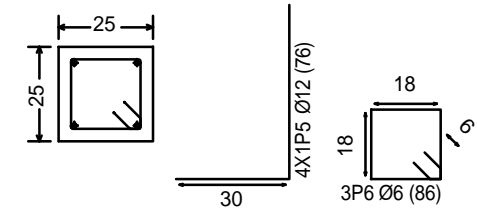
	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES		
		INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.			
PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL			REALIZADO: HERRERO LABORDA, MARCOS		
			FIRMA:		
PLANO: ZAPATA DELANTERA DEL PÓRTICO PORTA-GRADAS			FECHA: 4/4/12	ESCALA: 1:20	Nº PLANO: 6



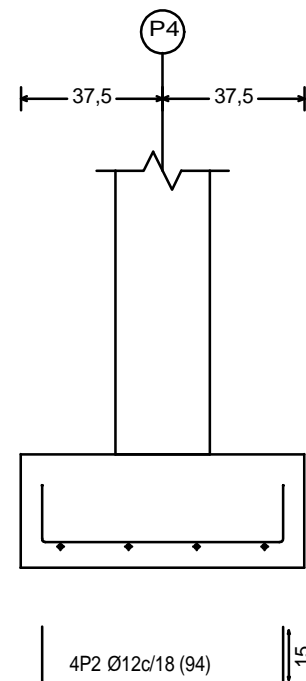
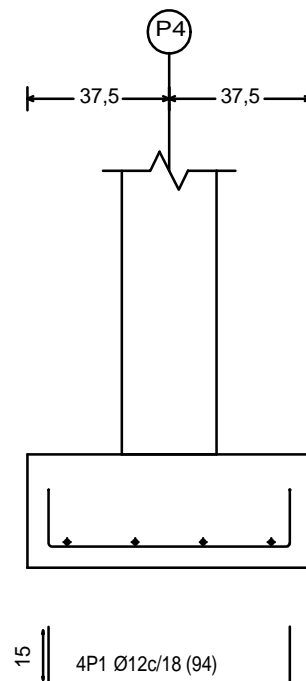
	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES		
		INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.				
PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL				REALIZADO: HERRERO LABORDA, MARCOS		
				FIRMA:		
PLANO: ZAPATA TRASERA DEL PÓRTICO PORTA-GRADAS				FECHA: 4/4/12	ESCALA: 1:20	Nº PLANO: 7



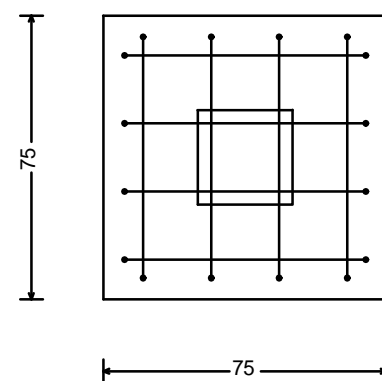
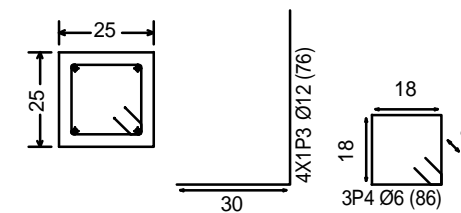
P3



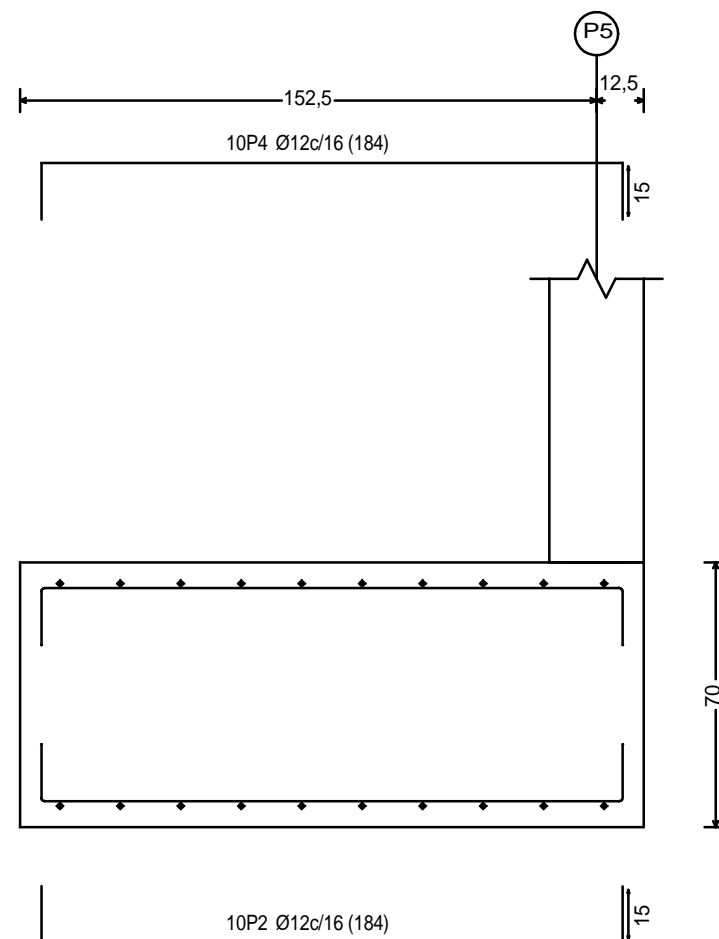
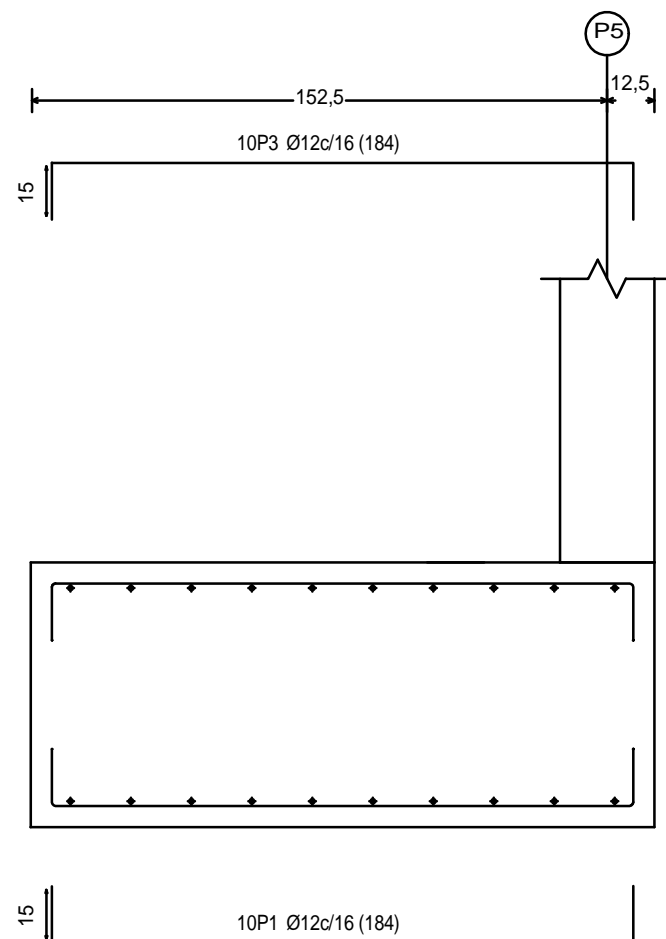
	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES		
		INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.			
PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL			REALIZADO: HERRERO LABORDA, MARCOS		
			FIRMA:		
PLANO: ZAPATA DELANTERA DEL PÓRTICO DE ENTRADA			FECHA: 4/4/12	ESCALA: 1:20	Nº PLANO: 8



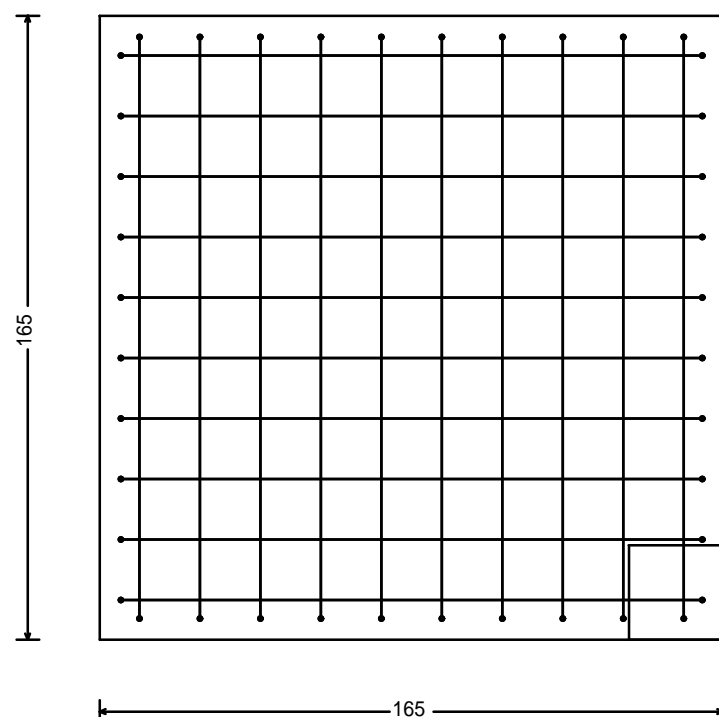
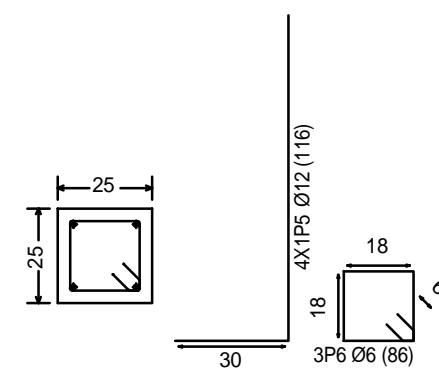
P4



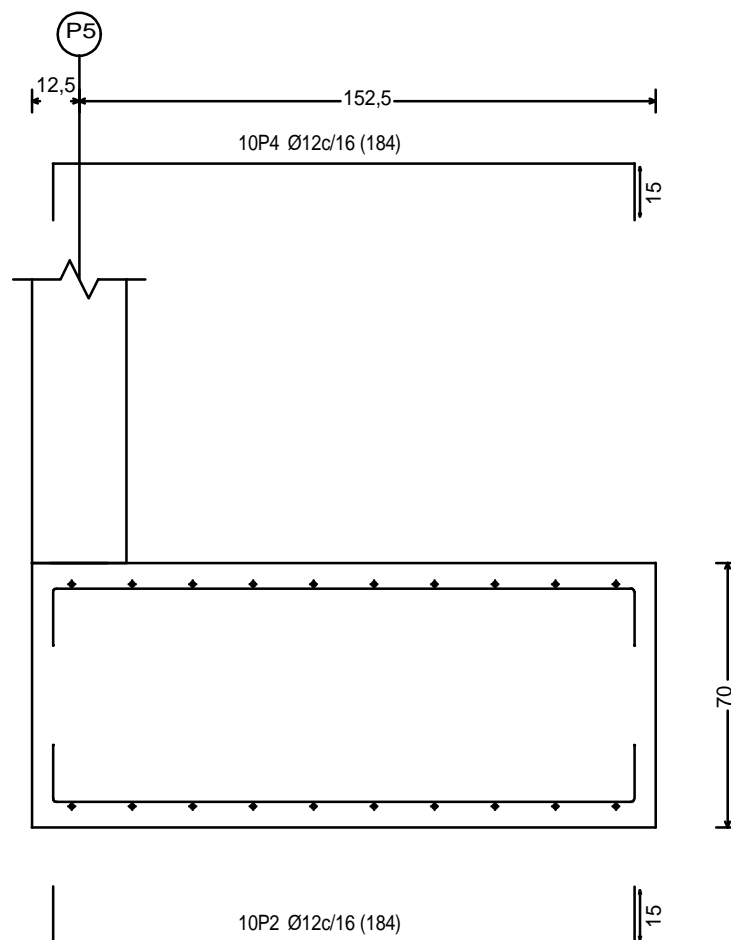
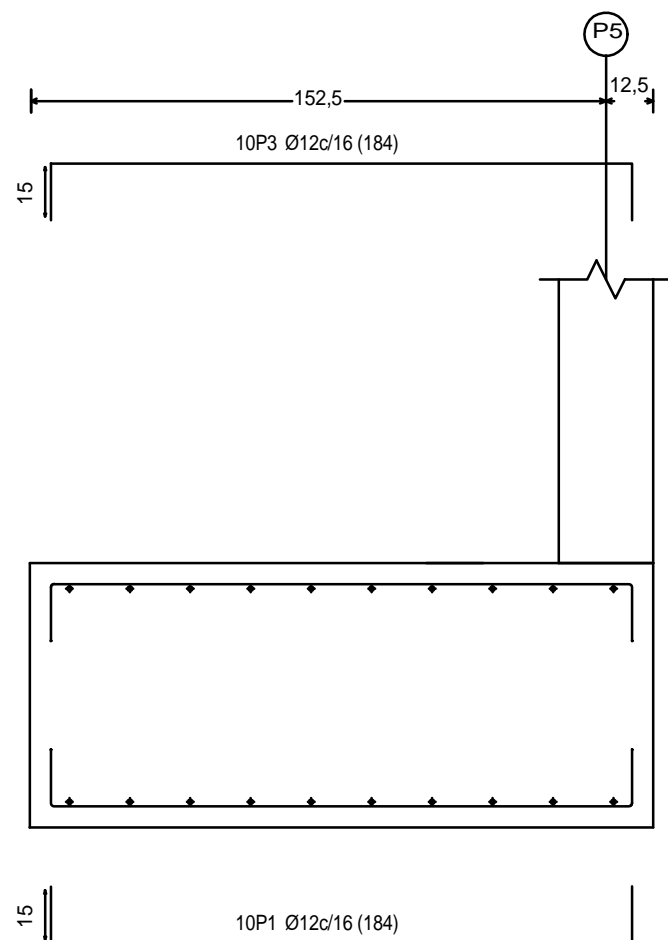
	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES		
		INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.				
PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL				REALIZADO: HERRERO LABORDA, MARCOS		
				FIRMA:		
PLANO: ZAPATA TRASERA DEL PÓRTICO DE ENTRADA				FECHA: 4/4/12	ESCALA: 1:20	Nº PLANO: 9



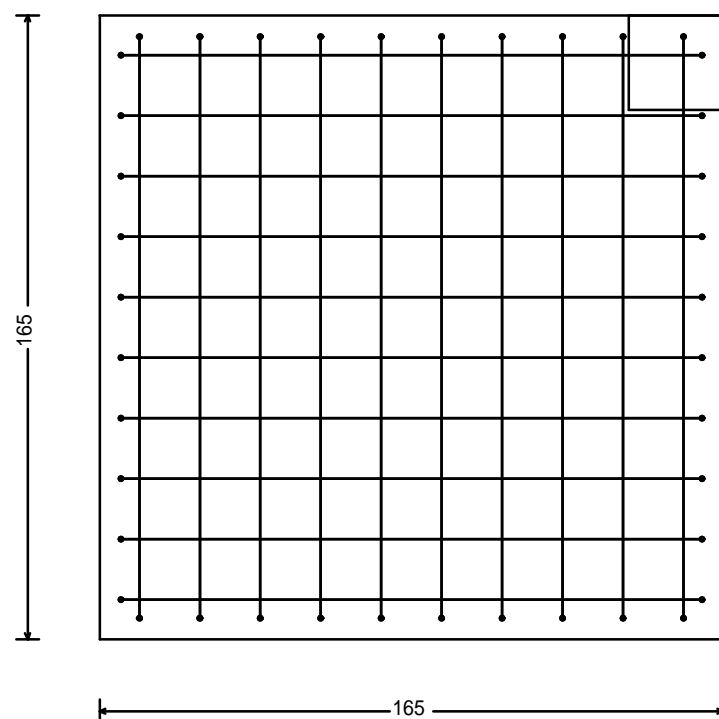
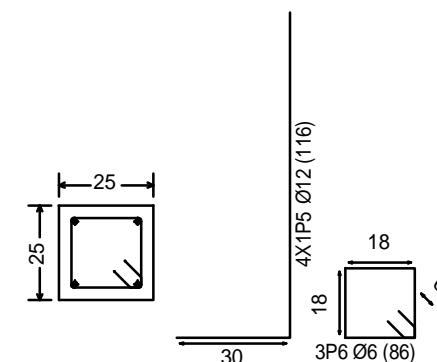
P5



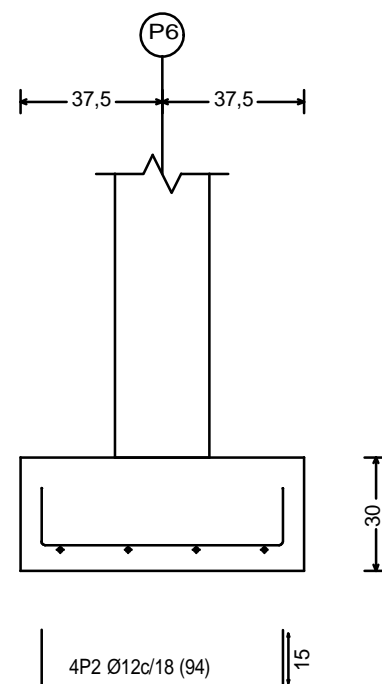
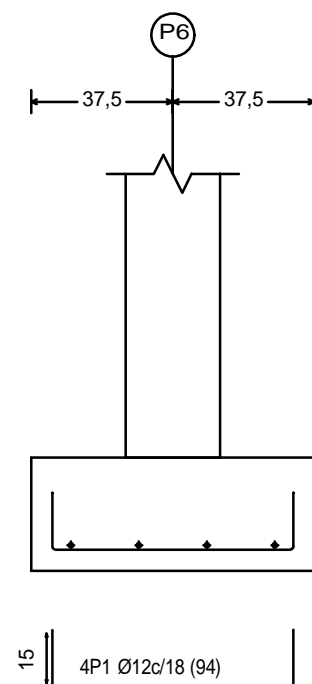
	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES		
		INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.				
PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL				REALIZADO: HERRERO LABORDA, MARCOS		
				FIRMA:		
PLANO: ZAPATA DELANTERA IZQUIERDA DEL PÓRTICO DE ENTRADA ESPECIAL				FECHA: 4/4/12	ESCALA: 1:20	Nº PLANO 10



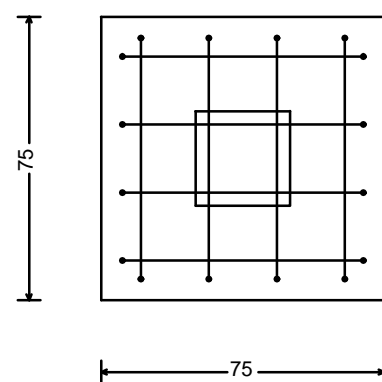
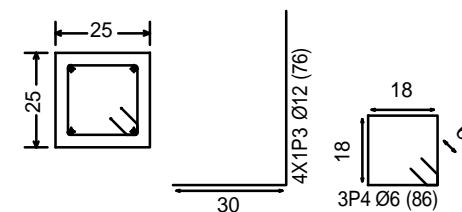
P5



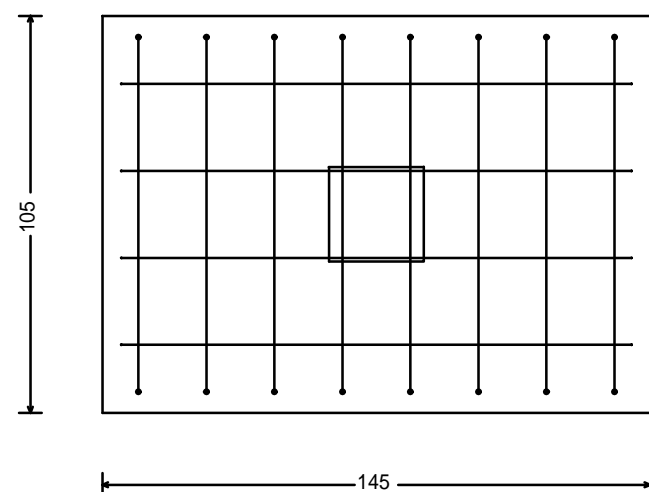
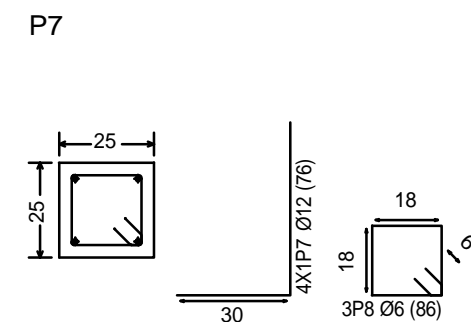
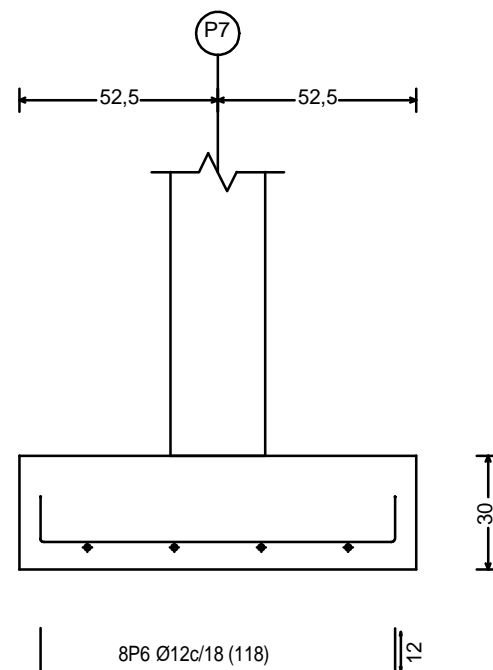
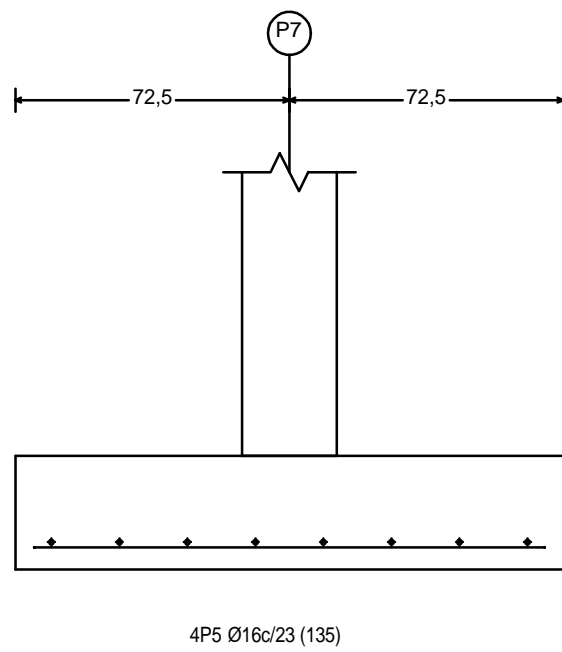
	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES		
		INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.				
PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL				REALIZADO: HERRERO LABORDA, MARCOS		
				FIRMA:		
PLANO: ZAPATA DELANTERA DERECHA DEL PÓRTICO DE ENTRADA ESPECIAL				FECHA: 4/4/12	ESCALA: 1:20	Nº PLANO 11



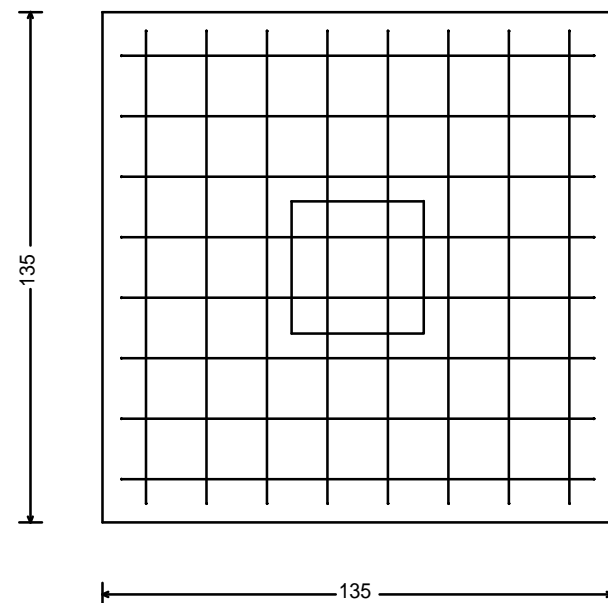
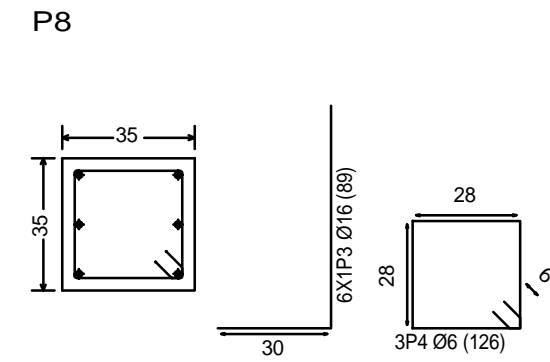
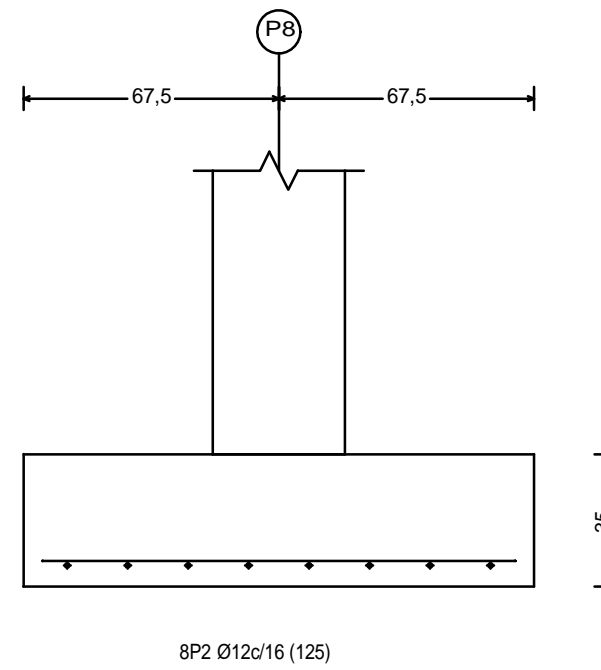
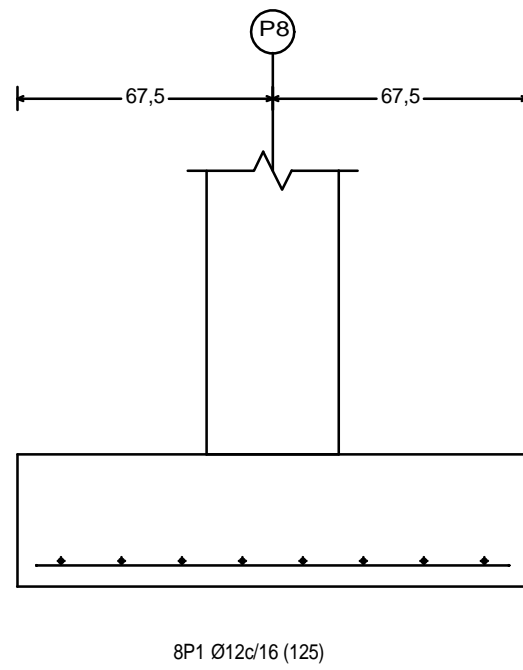
P6



 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>	E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES		
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.				
PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL			REALIZADO: HERRERO LABORDA, MARCOS		
			FIRMA:		
PLANO: ZAPATA TRASERA DEL PÓRTICO DE ENTRADA ESPECIAL			FECHA: 4/4/12	ESCALA: 1:20	Nº PLANO: 12

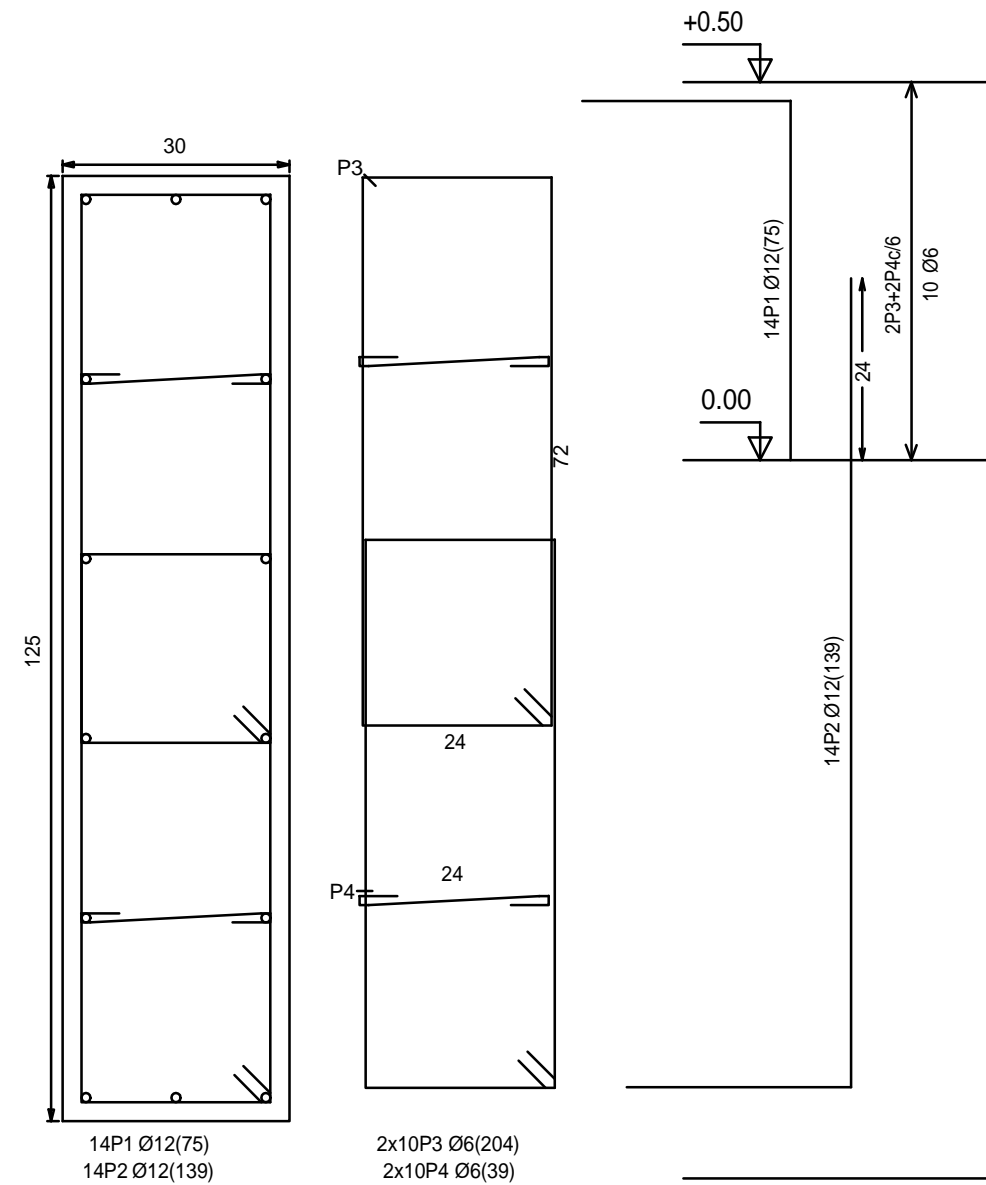


	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES		
		INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.				
PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL				REALIZADO: HERRERO LABORDA, MARCOS		
				FIRMA:		
PLANO: ZAPATA DELANTERA DEL PÓRTICO DE ENTRADA ESPECIAL TRASERO				FECHA: 4/4/12	ESCALA: 1:20	Nº PLANO 13



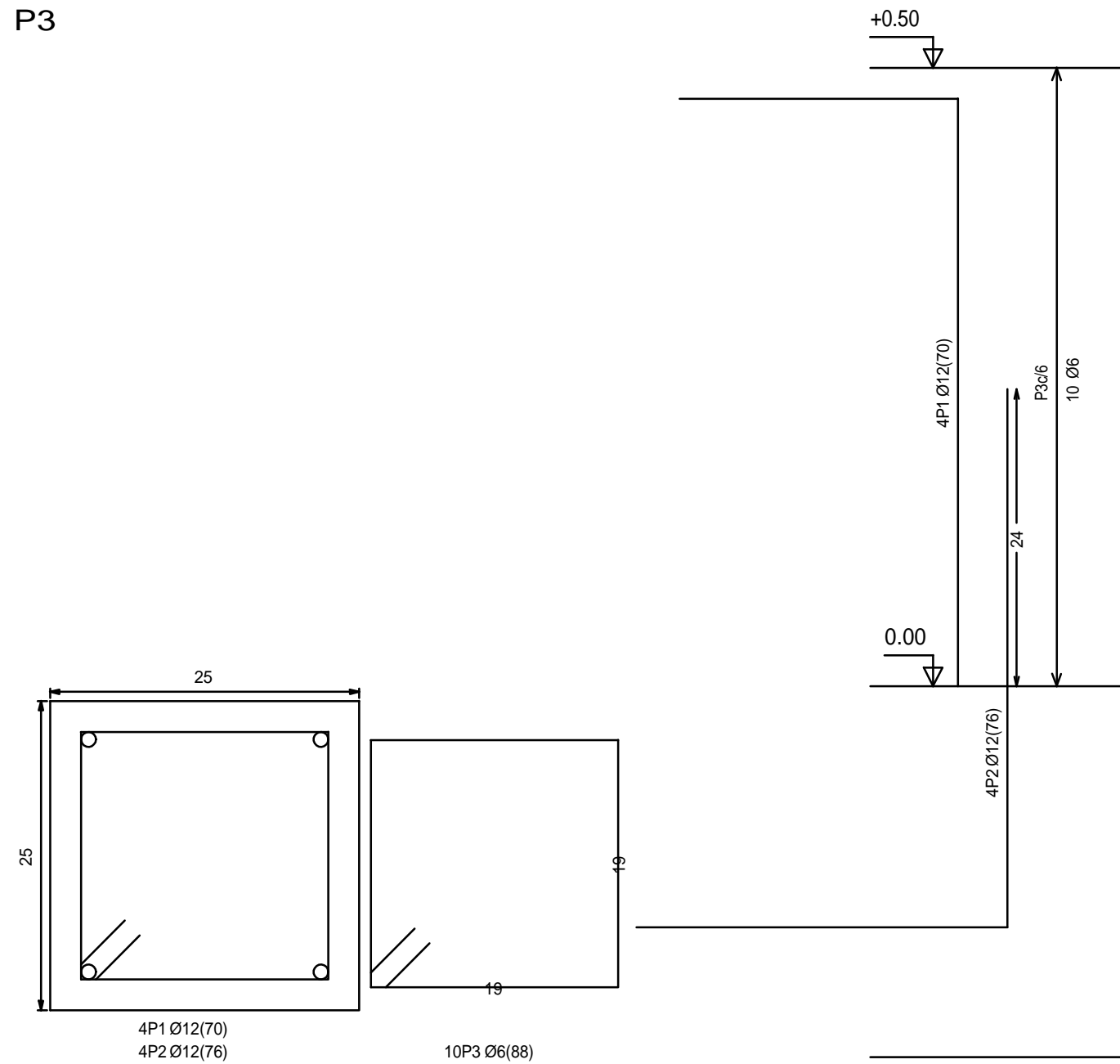
	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES		
		INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.				
PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL				REALIZADO: HERRERO LABORDA, MARCOS		
				FIRMA:		
PLANO: ZAPATA TRASERA DEL PÓRTICO DE ENTRADA ESPECIAL TRASERO				FECHA: 4/4/12	ESCALA: 1:20	Nº PLANO: 14

P1



 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES	
	PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL		REALIZADO: HERRERO LABORDA, MARCOS	
PLANO: PILAR DE FRENADO DEL PÓRTICO PORTA-GRADAS		FECHA: 4/4/12	ESCALA: 1:10	Nº PLANO: 15

P3



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

INGENIERO
TECNICO INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:
DEPARTAMENTO DE ING.
MECANICA, ENERGETICA
Y DE MATERIALES

PROYECTO:

DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL
DE UN ESTADIO DE FÚTBOL

REALIZADO:

HERRERO LABORDA,
MARCOS

FIRMA:

PLANO:

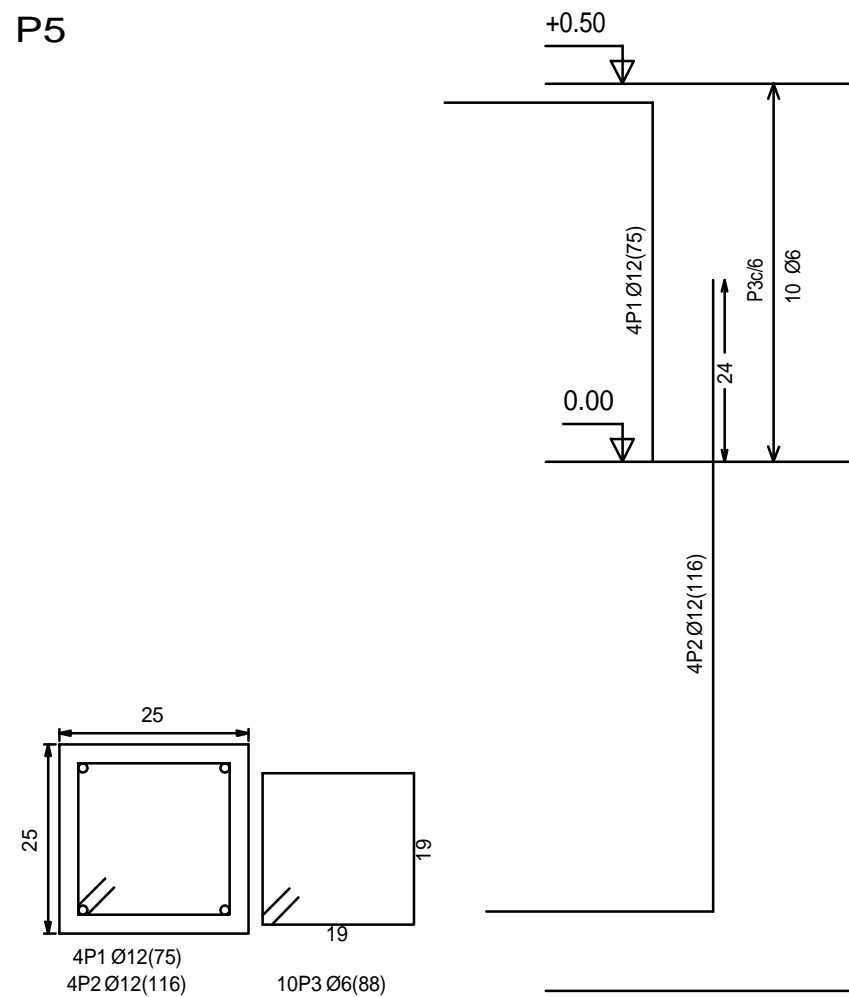
PILAR DE FRENADO DEL
PÓRTICO DE ENTRADA

FECHA:
4/4/12

ESCALA:
1:5

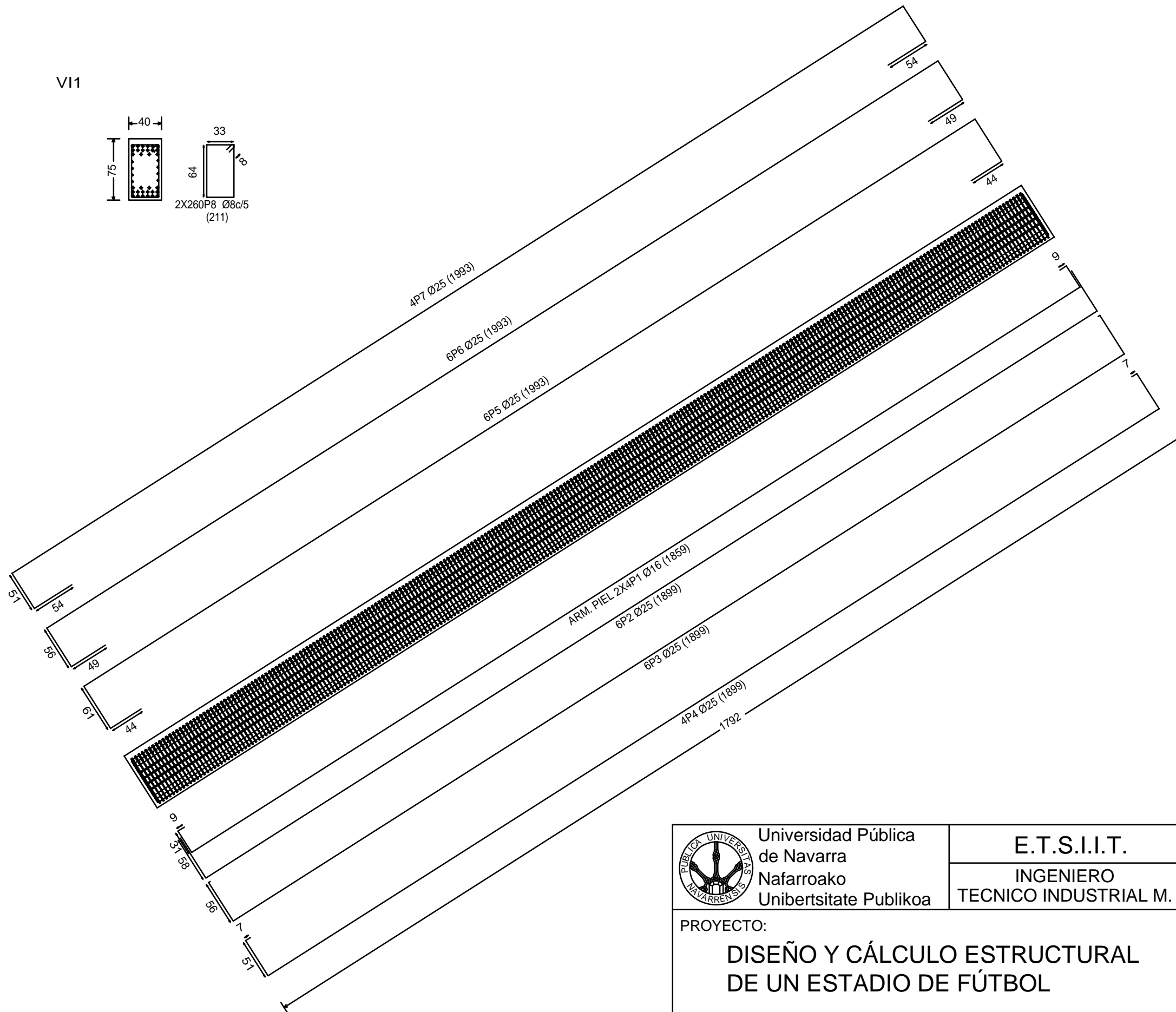
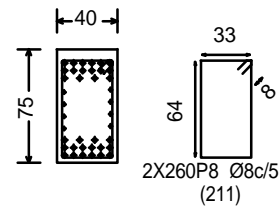
Nº PLANO:
16

P5



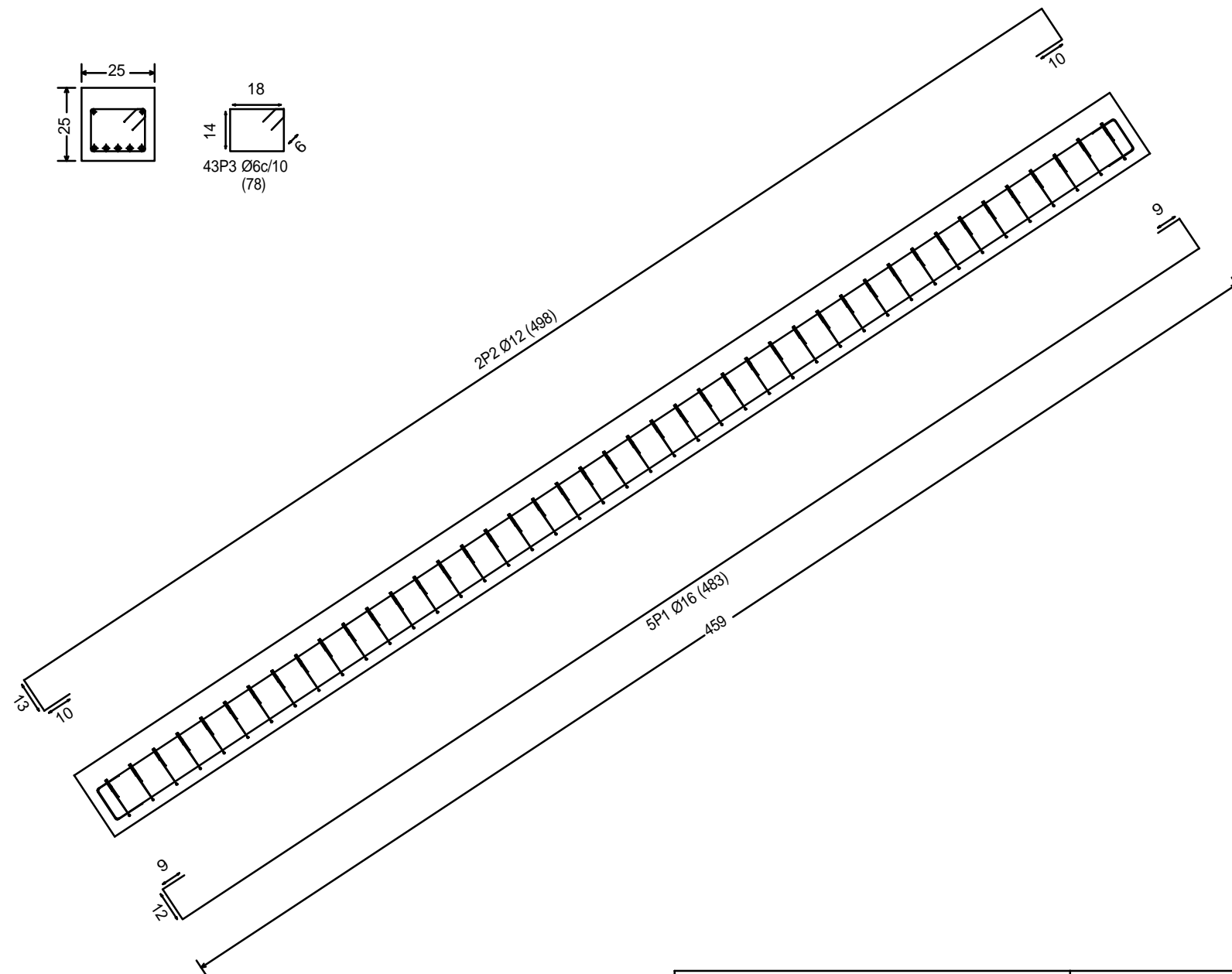
 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>	E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES		
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.				
PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL			REALIZADO: HERRERO LABORDA, MARCOS		
			FIRMA:		
PLANO: PILAR DE FRENADO DEL PÓRTICO DE ENTRADA ESPECIAL			FECHA: 4/4/12	ESCALA: 1:10	Nº PLANO: 17

VI1



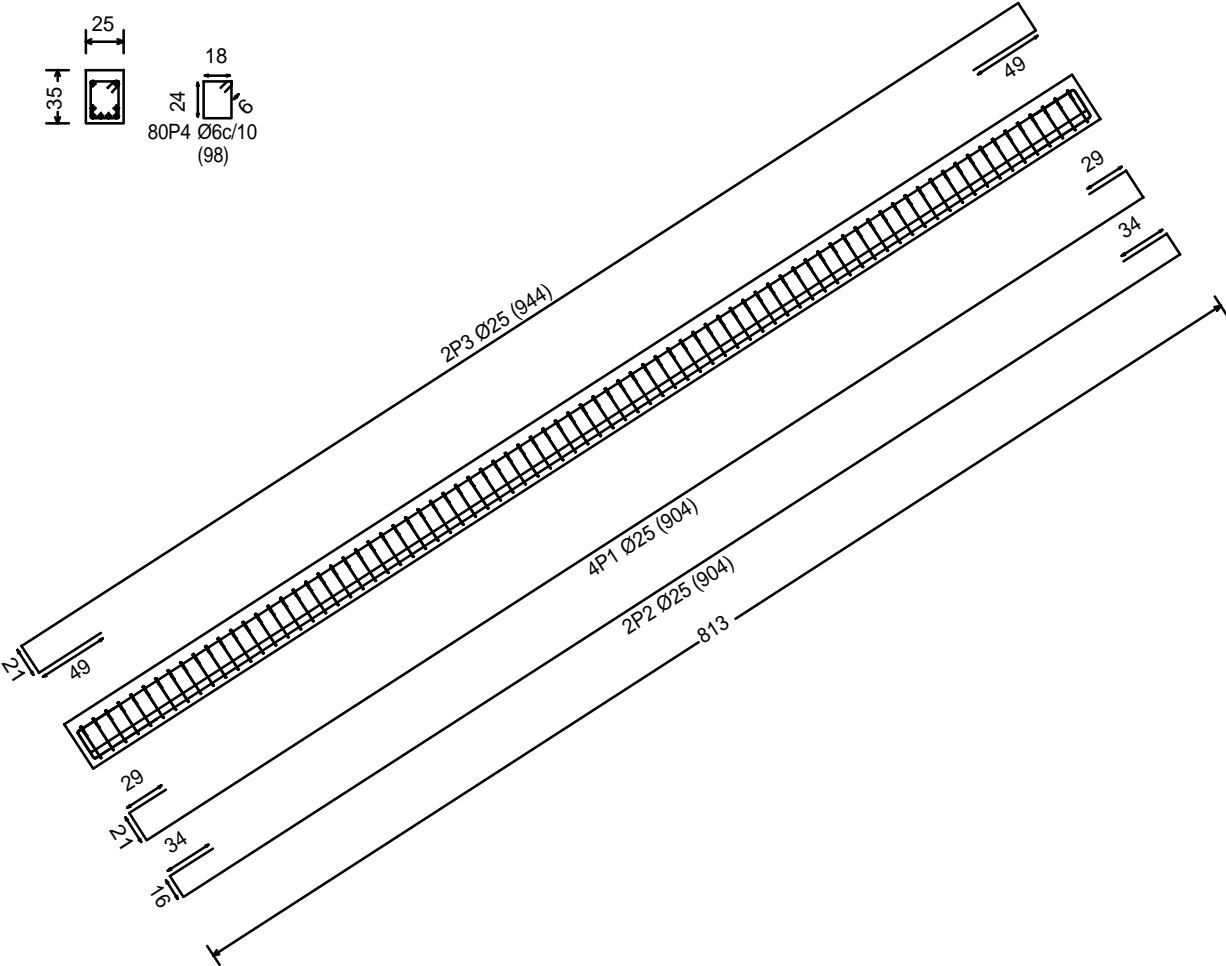
 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES		
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.			
PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL		REALIZADO: HERRERO LABORDA, MARCOS		
		FIRMA:		
PLANO: VIGA INCLINADA DEL PÓRTICO PORTA-GRADAS		FECHA: 4/4/12	ESCALA: 1:50	Nº PLANO: 18

VI2



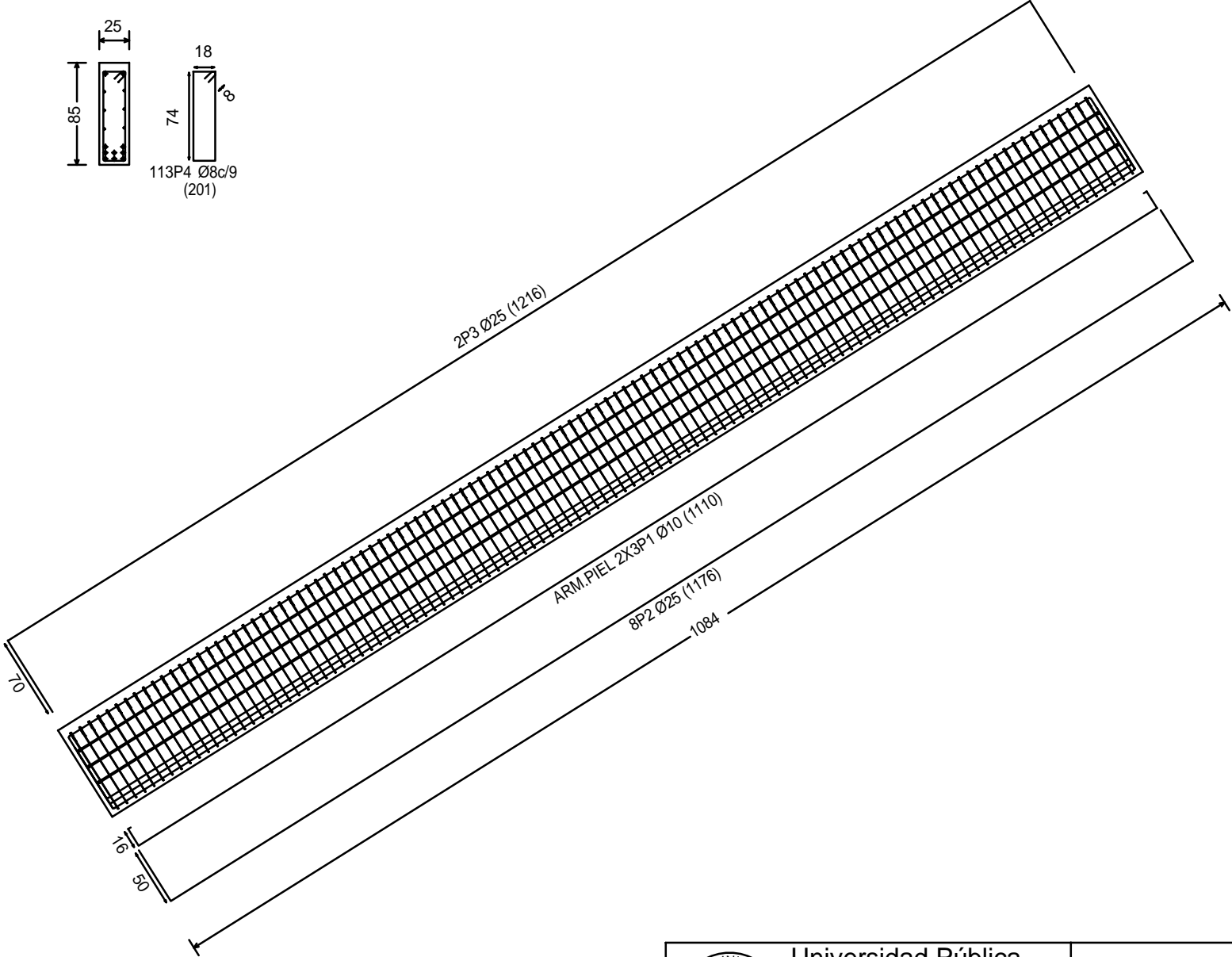
	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES		
		INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.			
PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL			REALIZADO: HERRERO LABORDA, MARCOS		
			FIRMA:		
PLANO: VIGA INCLINADA DEL PÓRTICO DE ENTRADA			FECHA: 4/4/12	ESCALA: 1:20	Nº PLANO: 19

VI3

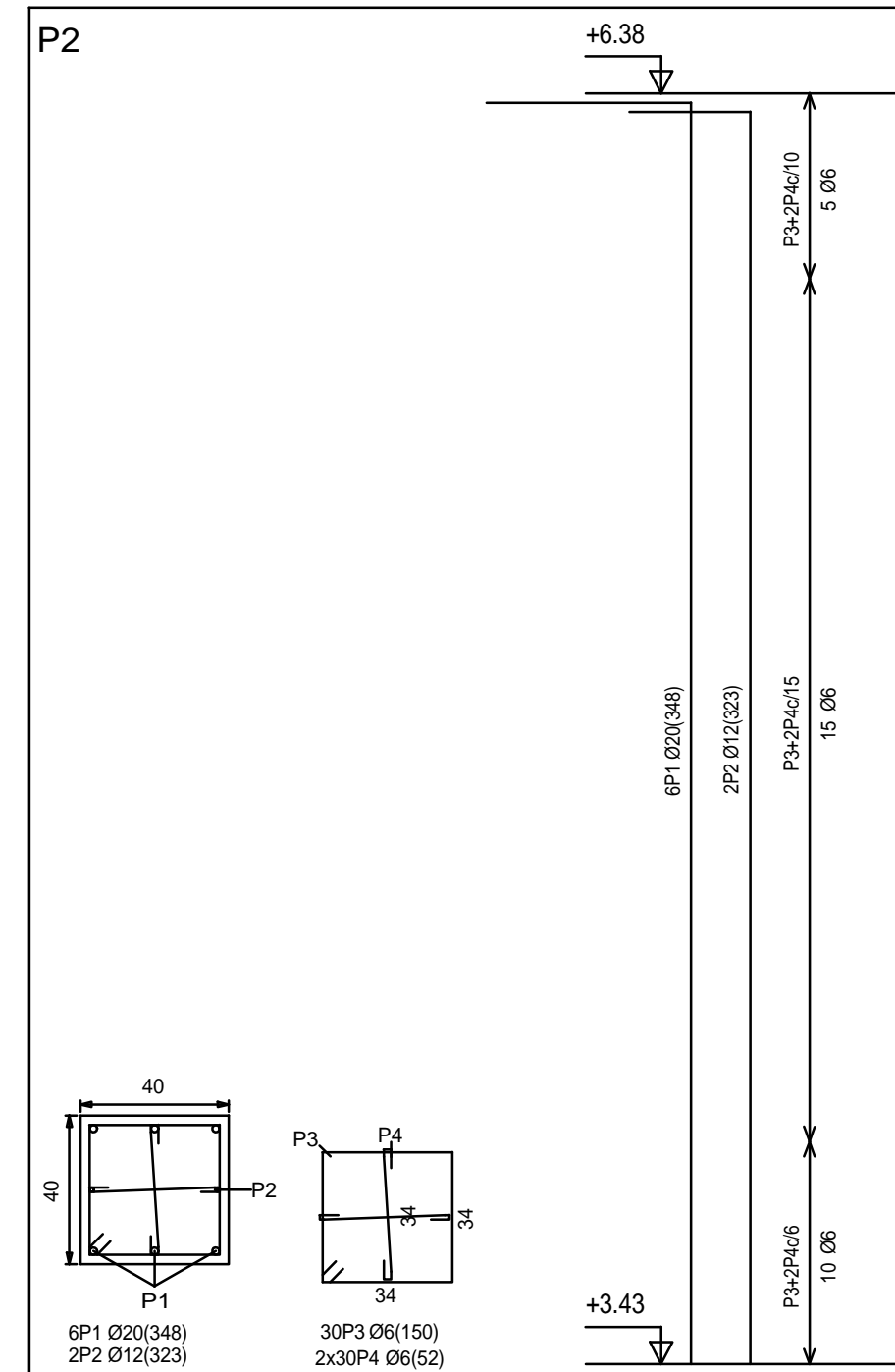
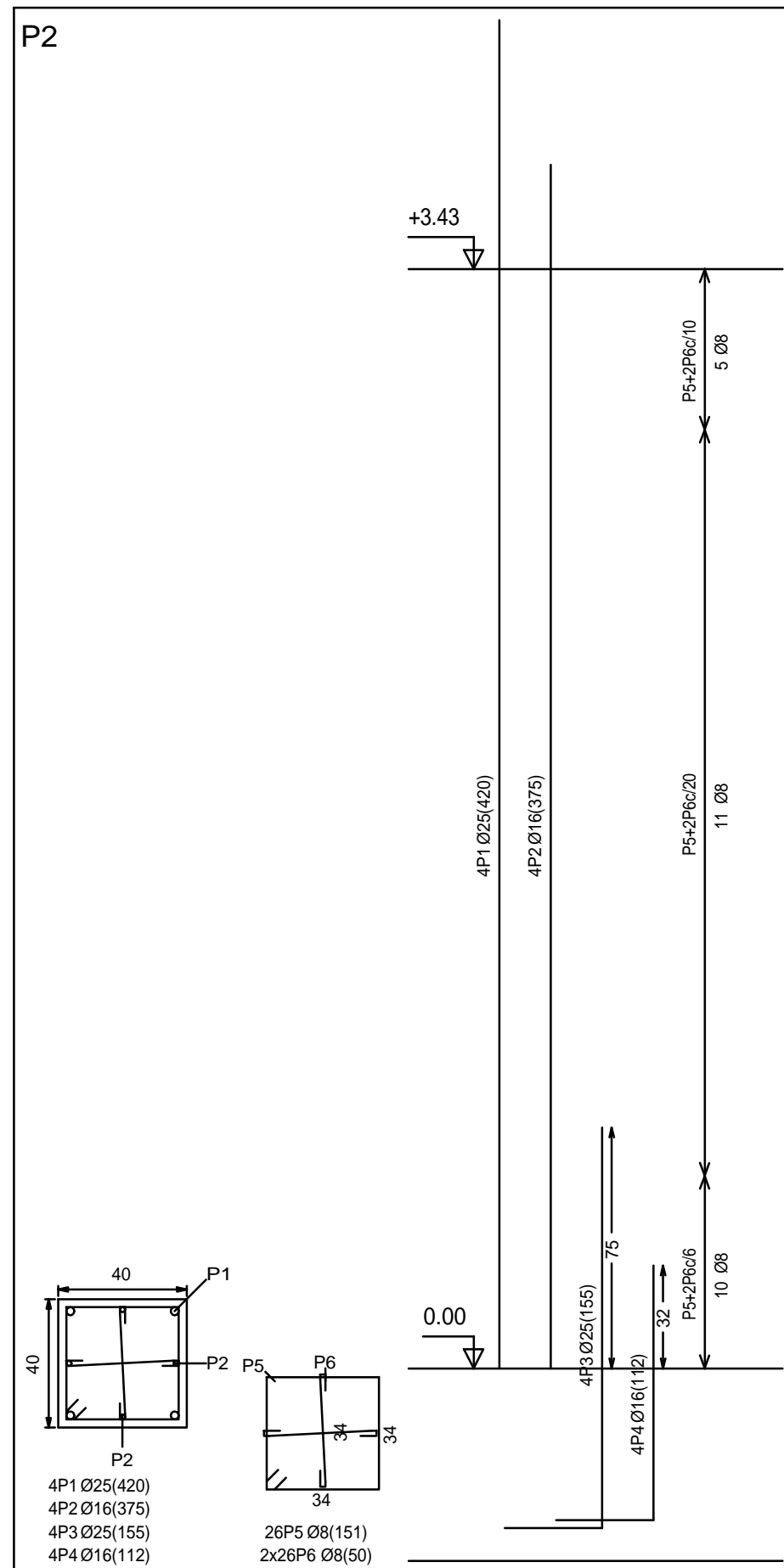


 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>	E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES		
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.				
PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL			REALIZADO: HERRERO LABORDA, MARCOS		
			FIRMA:		
PLANO: VIGA INCLINADA DEL PÓRTICO DE ENTRADA ESPECIAL			FECHA: 4/4/12	ESCALA: 1:50	Nº PLANO: 20

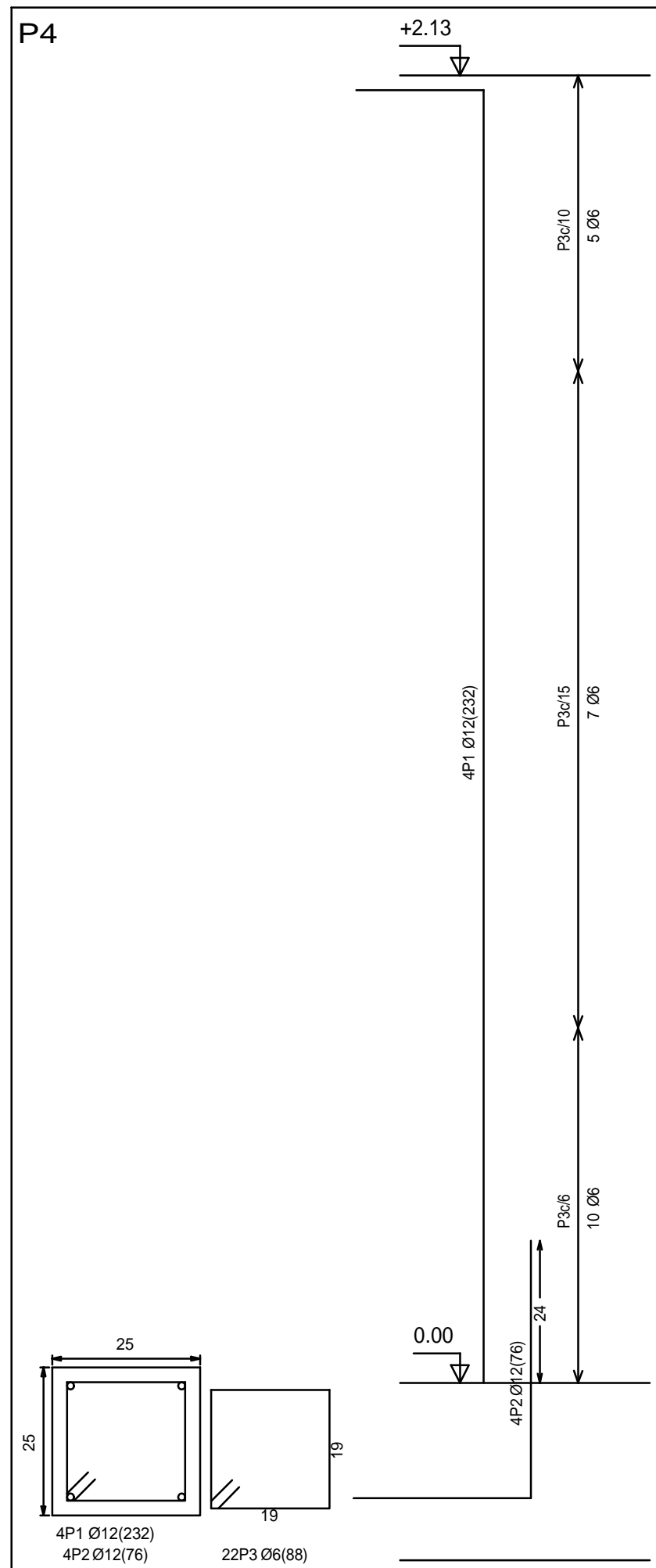
VI4



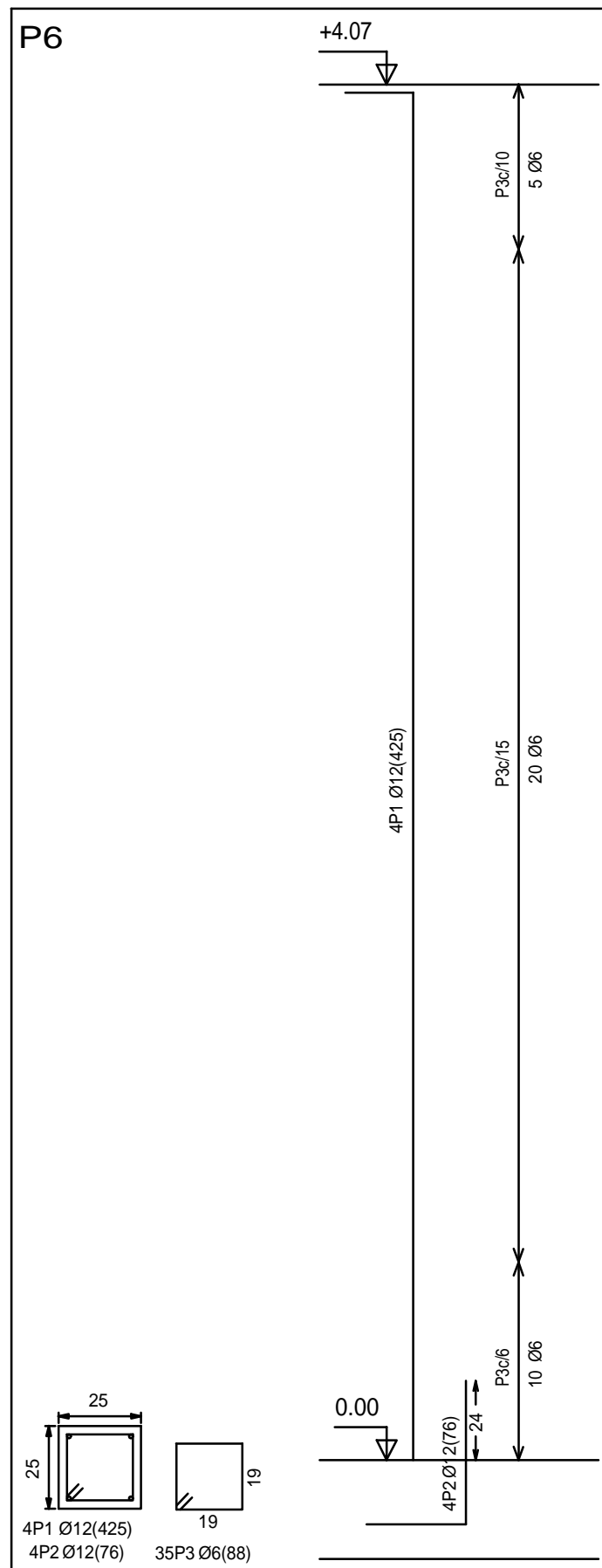
	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES		
		INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.	REALIZADO: HERRERO LABORDA, MARCOS		
PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL			FIRMA:		
PLANO: VIGA INCLINADA DEL PÓRTICO DE ENTRADA ESPECIAL TRASERO			FECHA: 4/4/12	ESCALA: 1:50	Nº PLANO: 21



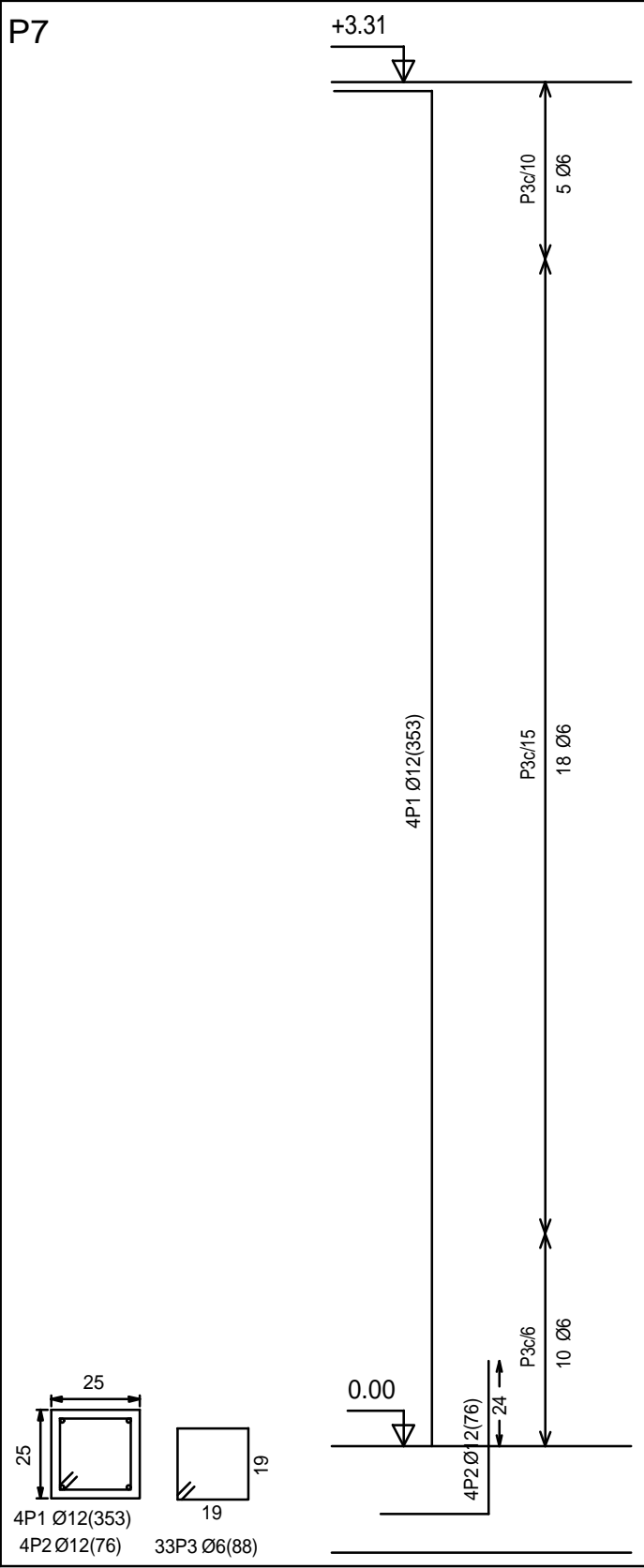
	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES		
		INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.			
PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL			REALIZADO: HERRERO LABORDA, MARCOS		
			FIRMA:		
PLANO: PILAR DEL PÓRTICO PORTA-GRADAS			FECHA: 4/4/12	ESCALA: 1:20	Nº PLANO: 22



	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES		
		INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.			
PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL			REALIZADO: HERRERO LABORDA, MARCOS		
			FIRMA:		
PLANO: PILAR DEL PÓRTICO DE ENTRADA			FECHA: 4/4/12	ESCALA: 1:10	Nº PLANO: 23



	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES		
		INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.				
PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL				REALIZADO: HERRERO LABORDA, MARCOS		
				FIRMA:		
PLANO: PILAR DEL PÓRTICO DE ENTRADA ESPECIAL				FECHA: 4/4/12	ESCALA: 1:20	Nº PLANO 24



Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.

INGENIERO
TECNICO INDUSTRIAL M.

DEPARTAMENTO:
DEPARTAMENTO DE ING.
MECANICA, ENERGETICA
Y DE MATERIALES

PROYECTO:

DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL
DE UN ESTADIO DE FÚTBOL

REALIZADO:

HERRERO LABORDA,
MARCOS

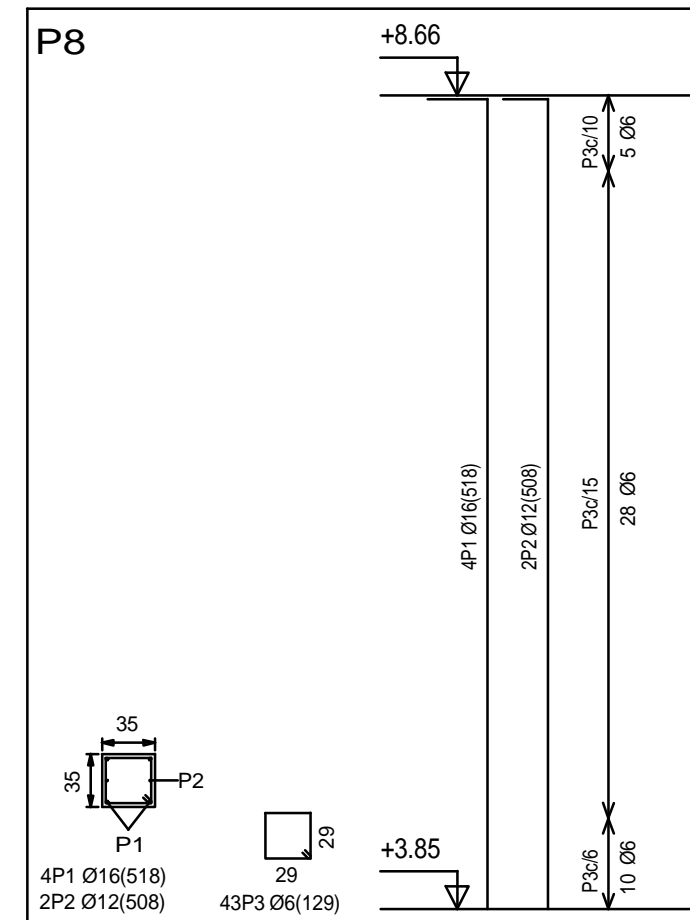
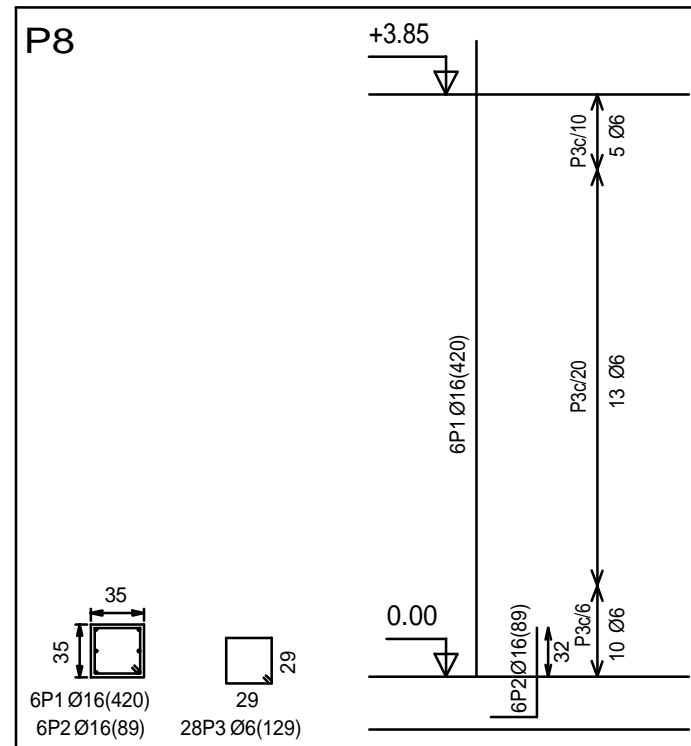
FIRMA:

PLANO: PILAR DELANTERO DEL PÓRTICO DE
ENTRADA ESPECIAL TRASERO

FECHA:
4/4/12

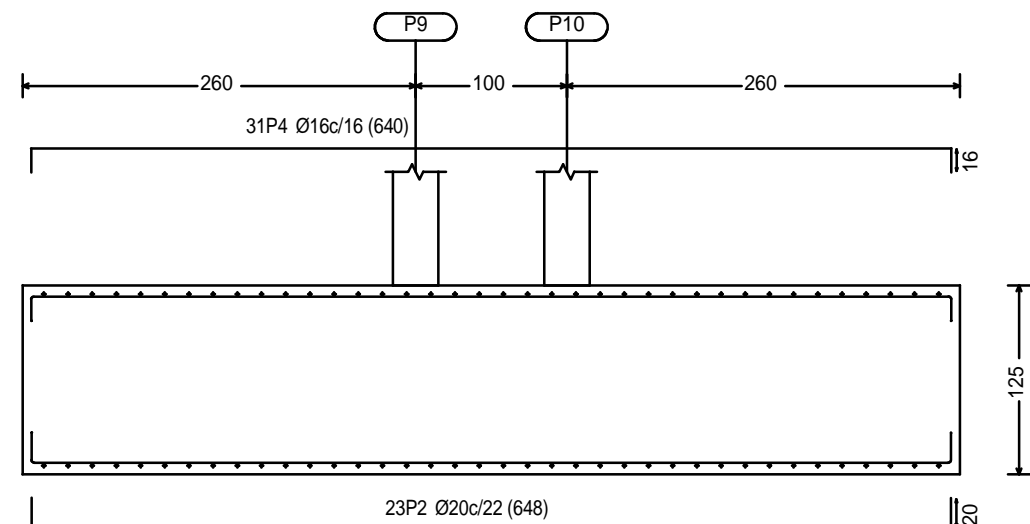
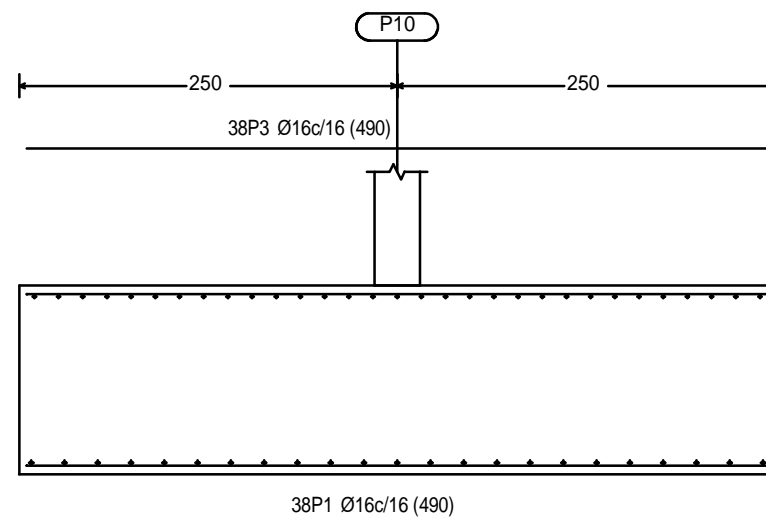
ESCALA:
1:20

Nº PLANO:
25



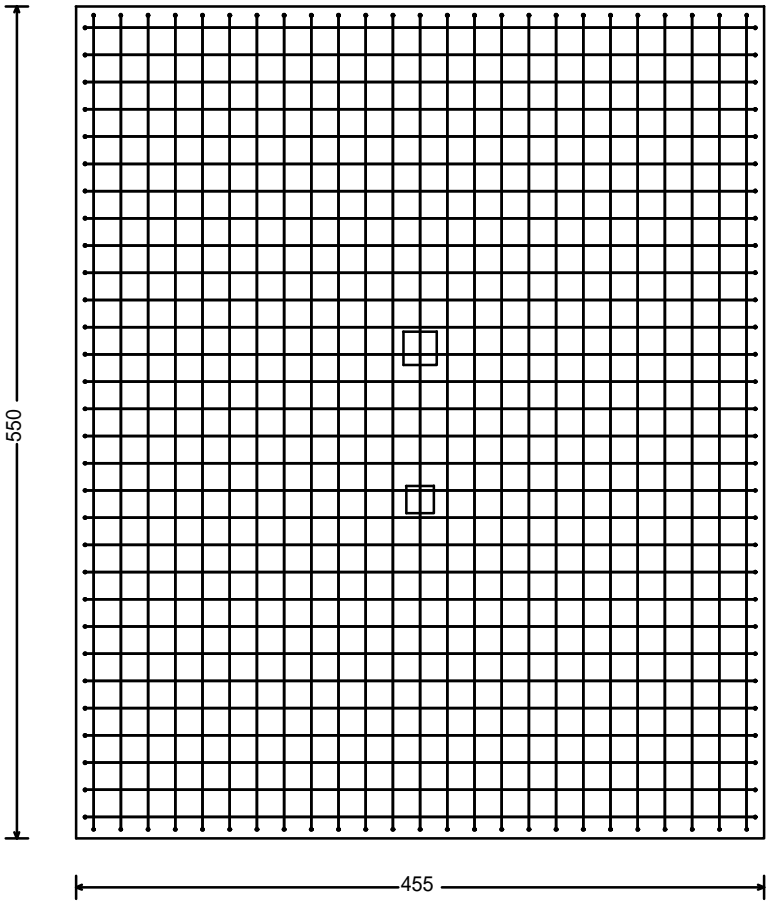
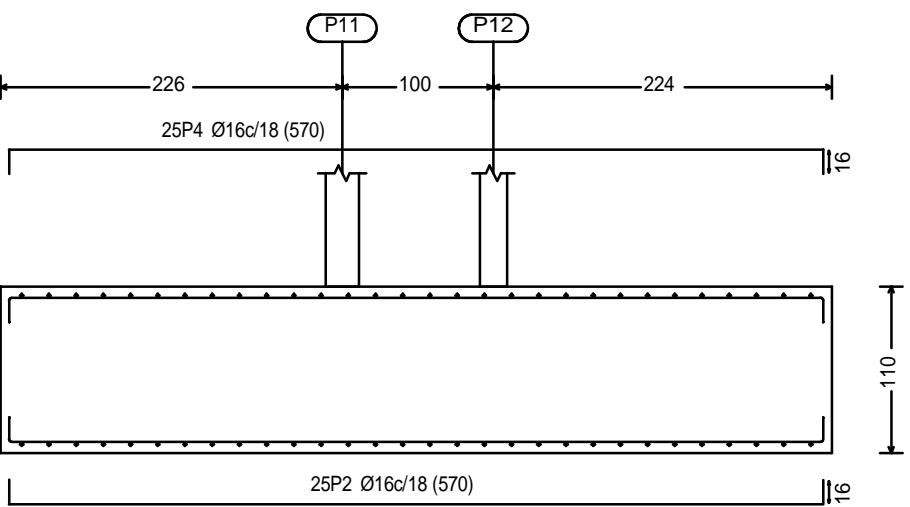
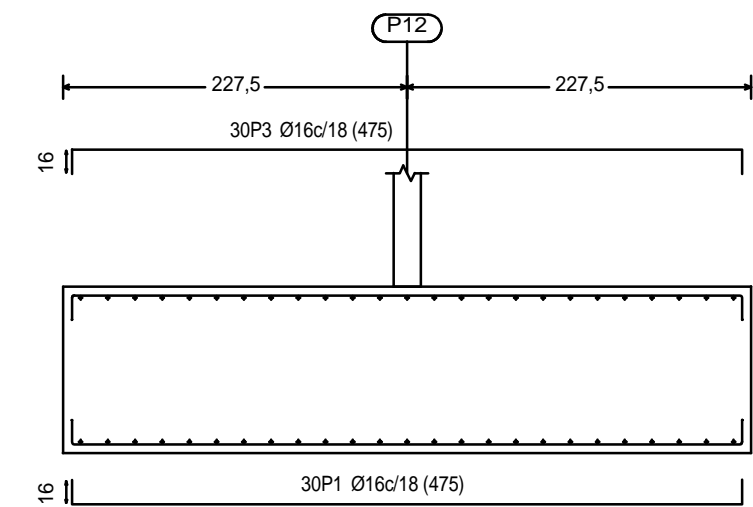
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES	
	PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL		REALIZADO: HERRERO LABORDA, MARCOS	
PLANO: PILAR TRASERO DEL PÓRTICO DE ENTRADA ESPECIAL TRASERO		FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:
		4/4/12	1:50	26

(P9 - P10)



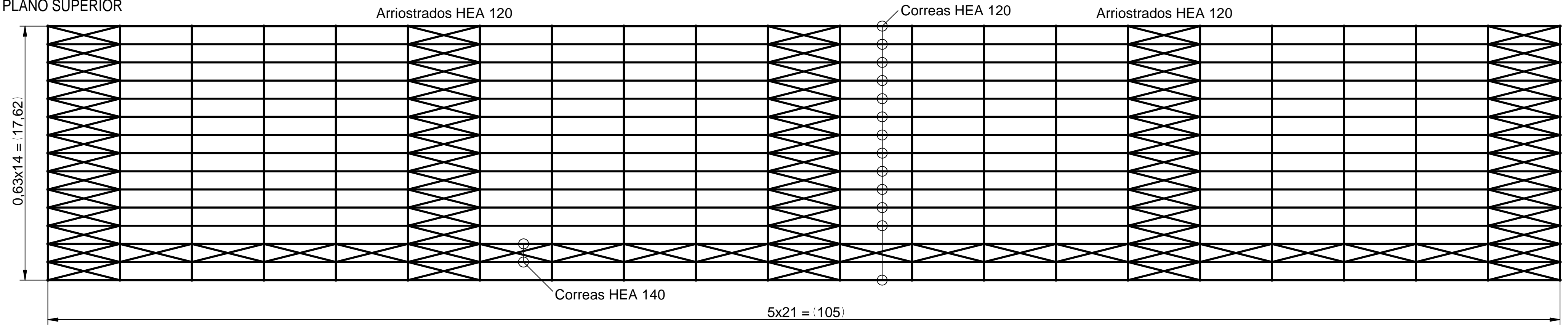
 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>	E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES		
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.		REALIZADO: HERRERO LABORDA, MARCOS		
PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL			FIRMA:		
			FECHA: 4/4/12		
PLANO: ZAPATA TIPO DE LOS PÓRTICOS CENTRALES					

(P11 - P12)

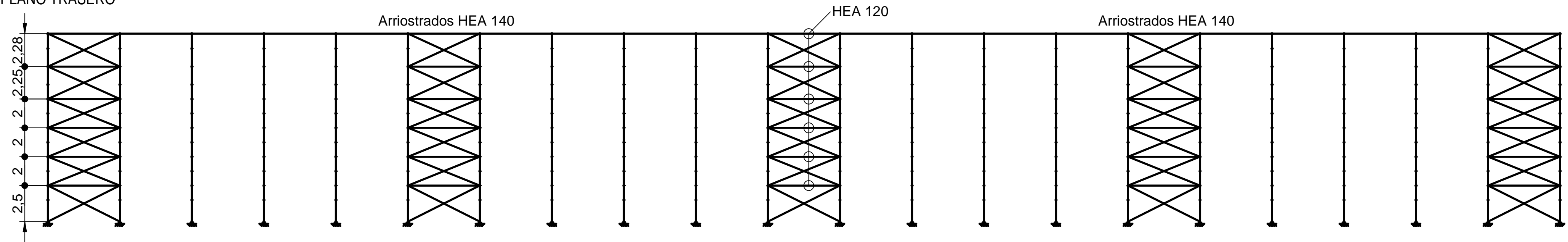


	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES		
			INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.				
PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL					REALIZADO: HERRERO LABORDA, MARCOS		
					FIRMA:		
PLANO: ZAPATA TIPO DE LOS PÓRTICOS EXTREMOS					FECHA: 4/4/12	ESCALA: 1:50	Nº PLANO: 28

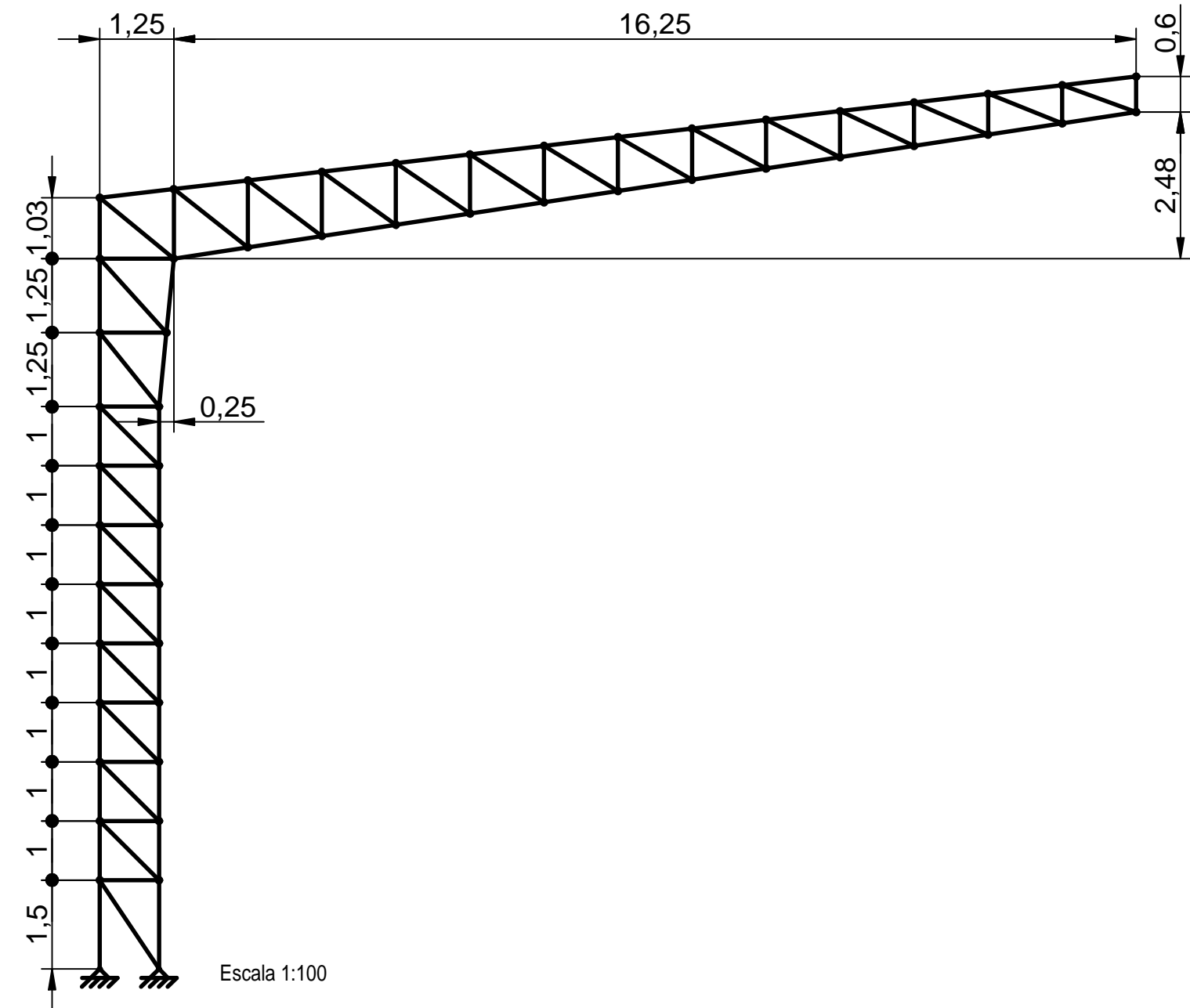
PLANO SUPERIOR



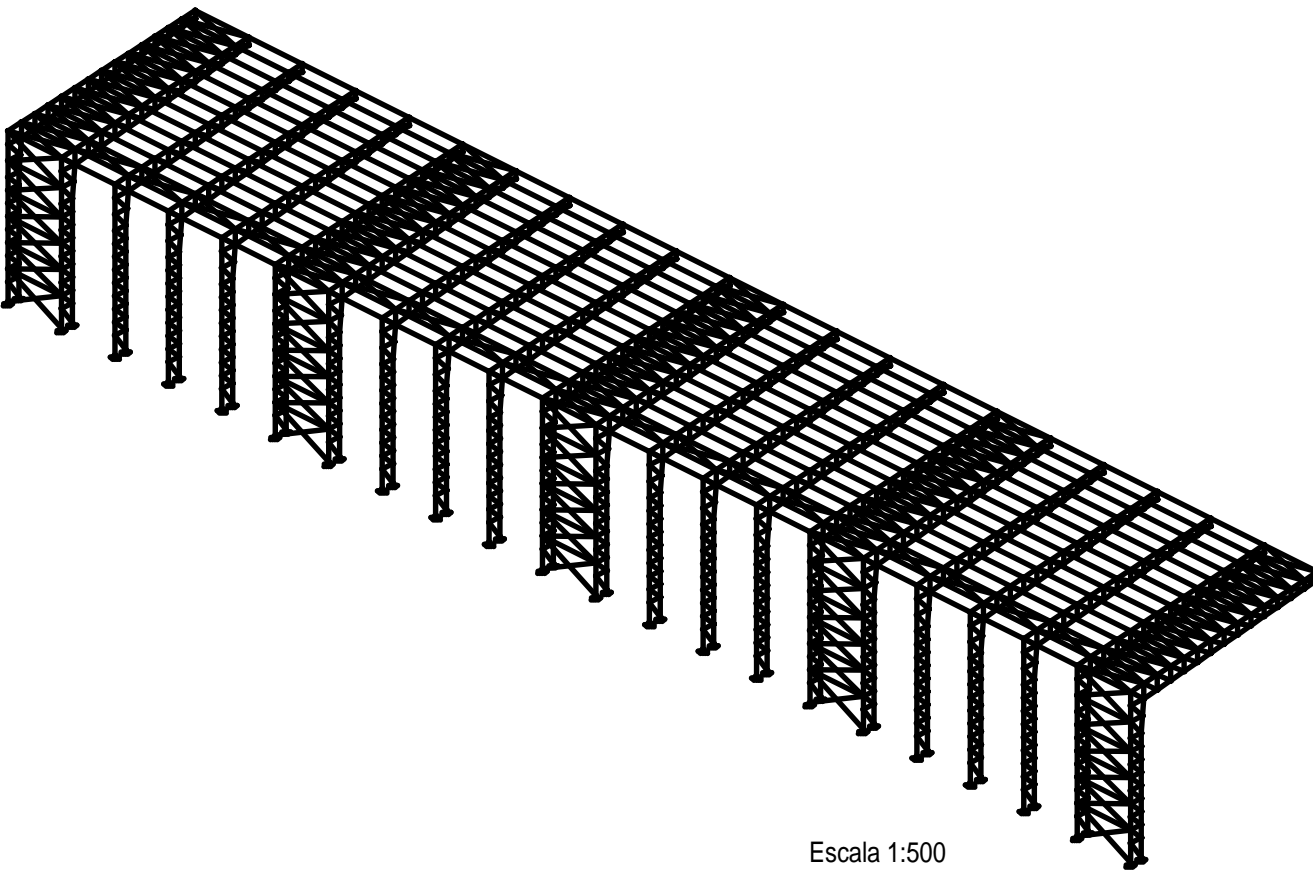
PLANO TRASERO



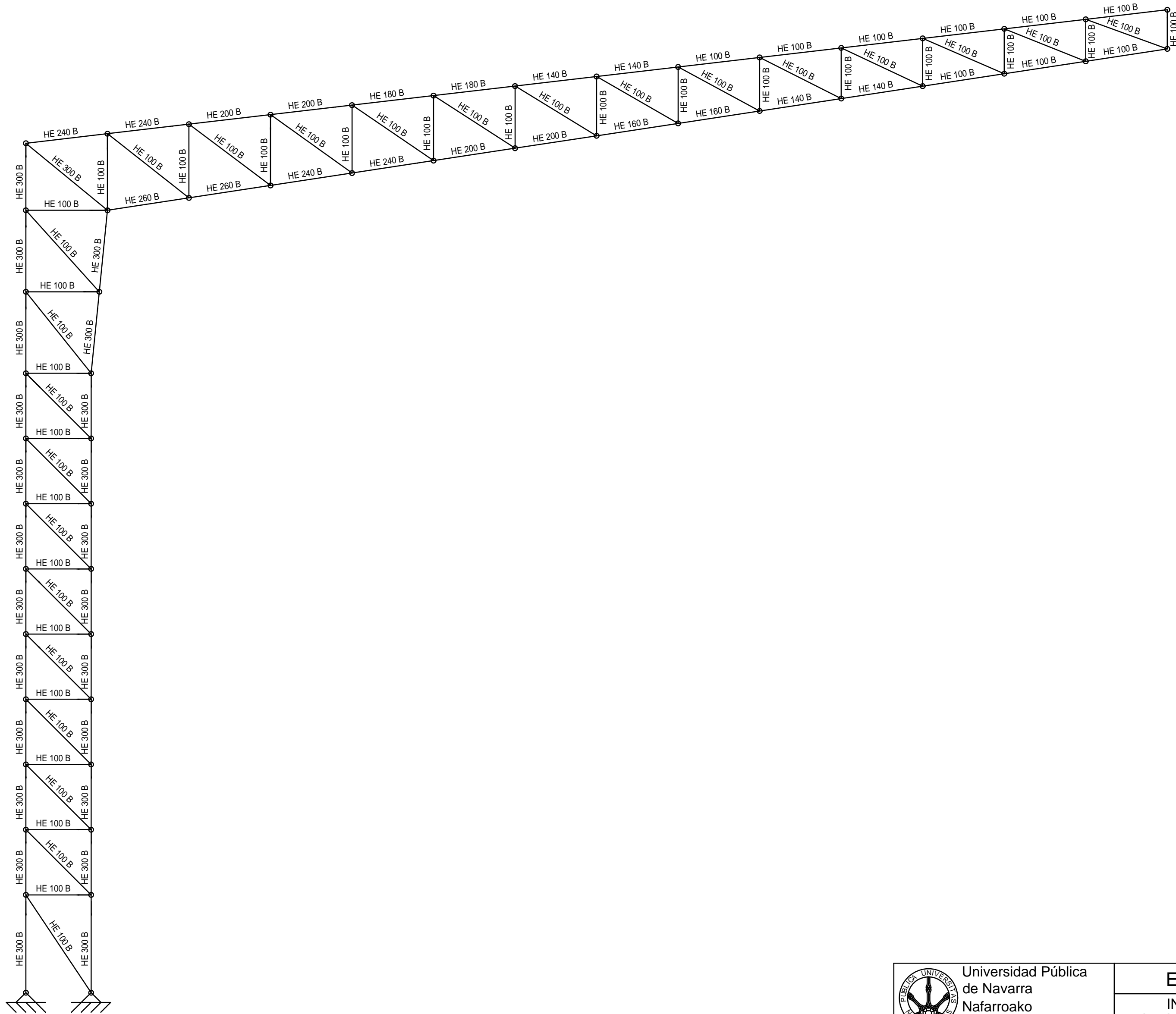
PÓRTICO TIPO



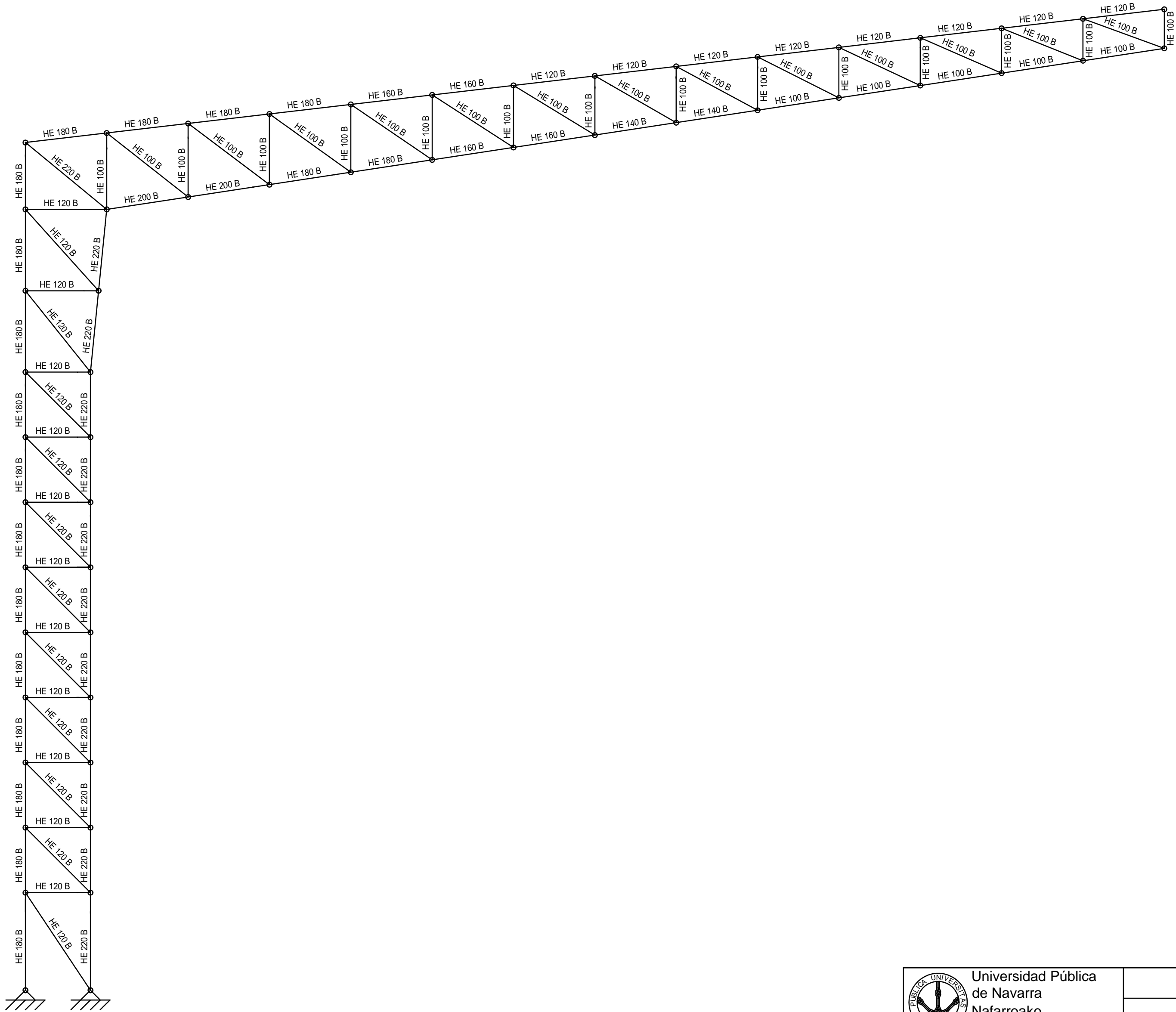
PERSPECTIVA



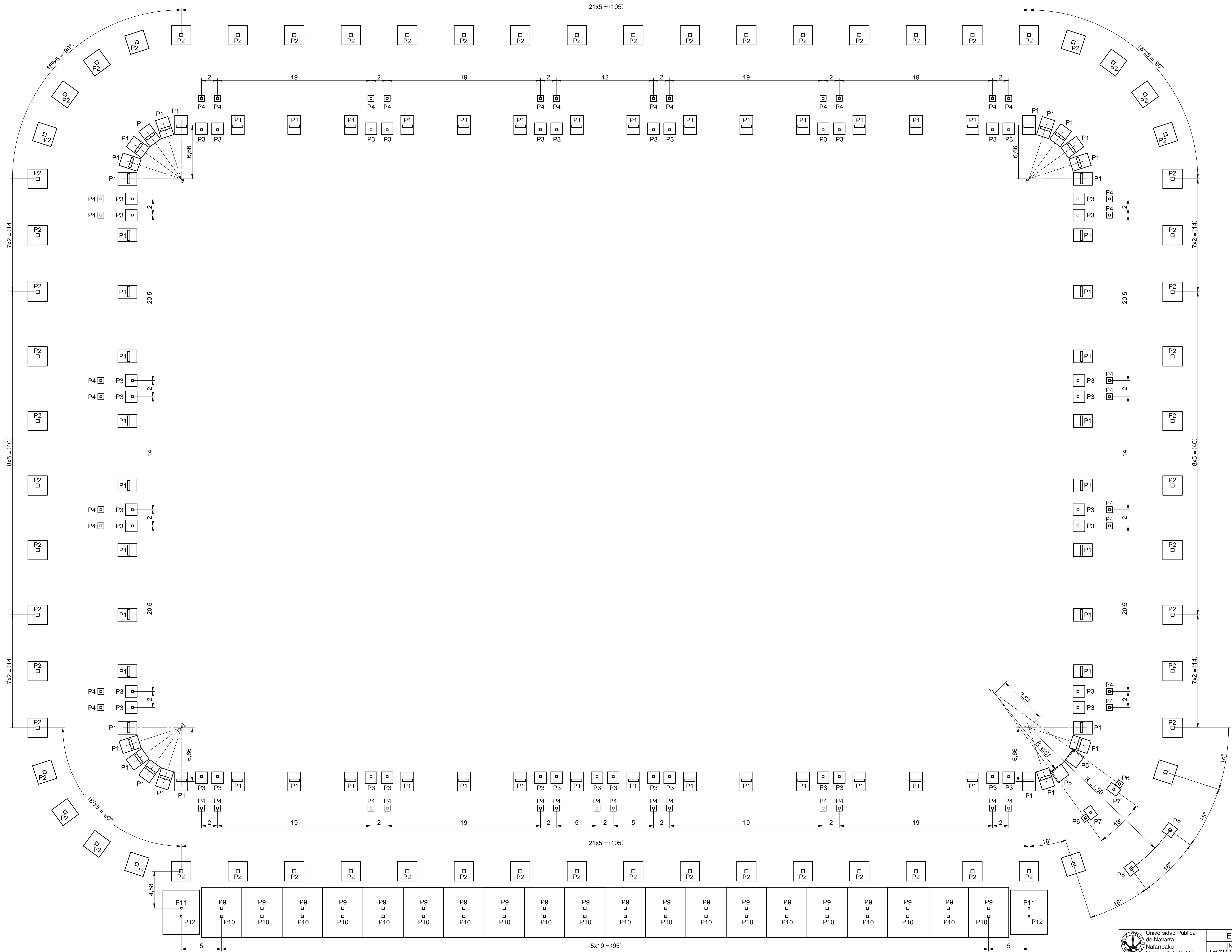
	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES		
		INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.				
PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL				REALIZADO: HERRERO LABORDA, MARCOS		
				FIRMA:		
PLANO: CUBIERTA METÁLICA				FECHA: 4/4/12	ESCALA: 1:200	Nº PLANO: 29



	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES		
		INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.				
PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL				REALIZADO: HERRERO LABORDA, MARCOS		
				FIRMA:		
PLANO: PERFILES DEL PÓRTICO MEDIO				FECHA: 4/4/12	ESCALA: 1:50	Nº PLANO: 30



	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES		
		INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.				
PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL				REALIZADO: HERRERO LABORDA, MARCOS		
				FIRMA:		
PLANO: PERFILES DEL PÓRTICO EXTREMO				FECHA: 4/4/12	ESCALA: 1:50	Nº PLANO: 31



	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL M.	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE ING. MECANICA, ENERGETICA Y DE MATERIALES
	PROYECTO: DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL	REALIZADO: HERRERO LABORDA, MARCOS	FIRMA:
PLANO: CIMENTACIÓN	FECHA: 4/4/12	ESCALA: 1:160	Nº PLANO: 32



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE
FÚTBOL

DOCUMENTO PLIEGO DE CONDICIONES

Marcos Herrero Laborda

Francisco Javier Domínguez Equiza

Tudela, 24 de Abril de 2012



ÍNDICE

CAPÍTULO 4.1. PLIEGO DE CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS	3
4.1.1 DISPOSICIONES GENERALES.....	3
4.1.1.1 Definición y alcance del pliego de condiciones	3
4.1.1.2 Documentos que definen las obras	3
4.1.2 DISPOSICIONES FACULTATIVAS	4
4.1.2.1 Delimitación general de funciones técnicas	4
4.1.2.2 Recepción de la obra	13
4.1.2.3 De los trabajos, los materiales y los medios auxiliares	15
4.1.3 DISPOSICIONES ECONÓMICAS	21
4.1.3.1 Medición de las unidades de obra.....	21
4.1.3.2 Valoración de las unidades de obra	22
4.1.3.3 Abonos del promotor al constructor a cuenta de la liquidación final....	23
CAPÍTULO 4.2. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS	
PARTICULARES	25
4.2.1 PRESCRIPCIONES SOBRE LOS MATERIALES, SOBRE LA EJECUCIÓN POR UNIDADES DE OBRA Y SOBRE VERIFICACIONES EN LA OBRA TERMINADA	25
4.2.2 CLÁUSULAS ESPECÍFICAS RELATIVAS A LAS UNIDADES DE OBRA	30
CAPÍTULO 4.3. ANEXO AL PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS	
PARTICULARES	36
4.3.1 NORMATIVA TÉCNICA APLICABLE.....	36



CAPÍTULO 4.1. PLIEGO DE CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS

4.1.1 DISPOSICIONES GENERALES

4.1.1.1 Definición y alcance del pliego de condiciones

El presente pliego de condiciones, en unión de las disposiciones que con carácter general y particular se indican, tiene por objeto la ordenación de las condiciones que han de regir en la ejecución de las obras de construcción reflejadas en el presente proyecto.

4.1.1.2 Documentos que definen las obras

El presente pliego de condiciones, conjuntamente con los planos, la memoria, las mediciones y el presupuesto, forma parte del proyecto que servirá de base para la ejecución de las obras.

Los planos, la memoria, las mediciones y el presupuesto, constituyen los documentos que definen la obra en forma geométrica y cuantitativa.

En caso de incompatibilidad o contradicción entre el pliego de condiciones y el resto de la documentación del proyecto, se estará a lo que disponga al respecto la dirección facultativa.

Lo mencionado en el pliego de condiciones y omitido en los planos, o viceversa, habrá de ser considerado como si estuviese expuesto en ambos documentos, siempre que la unidad de obra esté definida en uno u otro documento.



4.1.2 DISPOSICIONES FACULTATIVAS

4.1.2.1 Delimitación general de funciones técnicas

El director de obra

Corresponden al director de obra, las funciones establecidas en la Ley de Ordenación de la Edificación (L.O.E., ley 38/1999, de 5 de noviembre).

El director de ejecución de la obra

Corresponden al director de ejecución de la obra, las funciones establecidas en la Ley de Ordenación de la Edificación (L.O.E., ley 38/1999, de 5 de noviembre).

El constructor

Sin perjuicio de lo establecido al respecto en la ley de Ordenación de la Edificación (L.O.E., ley 38/1999, de 5 de noviembre), corresponde al constructor de la obra:

- Ejecutar la obra con sujeción al proyecto, a la legislación aplicable y a las instrucciones del director de obra y del director de la ejecución de la obra, a fin de que ésta alcance la calidad exigible.
- Tener, en su caso, la titulación o capacitación profesional que habilite para el cumplimiento de las condiciones exigibles.
- Designar al jefe de la obra, o en su defecto a la persona, que asumirá la representación técnica del constructor en la obra y que por su titulación o



experiencia deberá tener la capacitación adecuada de acuerdo con las características y la complejidad de la obra.

- Asignar a la obra los medios humanos y materiales que su importancia requiera.

- Formalizar las subcontrataciones de determinadas partes o instalaciones de la obra dentro de los límites establecidos en el contrato.

- Facilitar al director de obra los datos necesarios para la elaboración de la documentación de la obra ejecutada.

- Suscribir, en su caso, las garantías previstas en el artículo 19 de la L.O.E.

- Suscribir y firmar el acta de replanteo de la obra con el director de la obra y con el director de ejecución de la obra.

- Suscribir y firmar, con el promotor y demás intervinientes, el acta de recepción de la obra.

- Facilitar al director de obra los datos necesarios para la elaboración de la documentación de la obra ejecutada.

- Formalizar las subcontrataciones de determinadas partes o instalaciones de la obra dentro de los límites establecidos en el contrato.

- Organizar los trabajos de construcción, redactando los planes de obra que se precisen y proyectando o autorizando las instalaciones provisionales y medios auxiliares de la obra.

- Elaborar el plan de seguridad y salud de la obra en aplicación del estudio correspondiente y disponer, en todo caso, la ejecución de las medidas



preventivas, velando por su cumplimiento y por la observancia de la normativa vigente en materia de seguridad e higiene en el trabajo.

- Ordenar y dirigir la ejecución material con arreglo al proyecto, a las normas técnicas y a las reglas de la buena construcción. A tal efecto, ostentará, por sí mismo o por delegación, la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordinará las intervenciones de los subcontratistas.

- Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos constructivos que se utilicen, comprobando los preparados en obra y rechazando, por iniciativa propia o por prescripción del director de ejecución de la obra, los suministros o prefabricados que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.

- Custodiar el libro de órdenes y asistencias, y dar el enterado a las anotaciones que se practiquen en el mismo.

- Facilitar a la dirección facultativa, con antelación suficiente, los medios precisos para el cumplimiento de su cometido.

- Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final.

- Concertar durante la obra los seguros de accidentes de trabajo, y de daños a terceros, que resulten preceptivos.

Normativa vigente

El constructor se sujetará a las leyes, reglamentos, ordenanzas y normativa vigentes, así como a las que se dicten, antes y durante la ejecución de las obras que le sean legalmente de aplicación.



Verificación de los documentos del proyecto

Antes de dar comienzo a las obras, el constructor consignará por escrito que la documentación aportada le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada, o en caso contrario solicitará las aclaraciones pertinentes.

Oficina en la obra

El constructor habilitará en la obra una oficina que dispondrá de una mesa o tablero adecuado, en el que puedan extenderse y consultarse los planos y estará convenientemente acondicionada para que en ella pueda trabajar la dirección facultativa con normalidad a cualquier hora de la jornada.

En dicha oficina tendrá siempre el constructor a disposición de la dirección facultativa:

El proyecto de ejecución completo visado por el colegio profesional o con la aprobación administrativa preceptiva, incluidos los complementos que en su caso redacte el Director de Obra.

La licencia de obras.

El libro de órdenes y asistencias.

El plan de seguridad y salud.

El libro de incidencias.

La normativa sobre prevención de riesgos laborales.



La documentación de los seguros que deba suscribir.

Representación del constructor

El constructor viene obligado a comunicar a la dirección facultativa la persona designada como delegado suyo en la obra, que tendrá el carácter de jefe de la misma, con dedicación plena y con facultades para representarle y adoptar en todo momento cuantas decisiones competan a la contrata.

El incumplimiento de estas obligaciones o, en general, la falta de calificación suficiente por parte del personal según la naturaleza de los trabajos, facultará al director de obra para ordenar la paralización de las obras, sin derecho a reclamación alguna, hasta que se subsane la deficiencia.

Presencia del constructor en la obra

El jefe de obra, por sí o por medio de sus técnicos o encargados, estará presente durante la jornada legal de trabajo y acompañará a la dirección facultativa, en las visitas que hagan a las obras, poniéndose a su disposición para la práctica de los reconocimientos que se consideren necesarios y suministrando los datos precisos para la comprobación de mediciones y liquidaciones.

Dudas de interpretación

Todas las dudas que surjan en la interpretación de los documentos del proyecto o posteriormente durante la ejecución de los trabajos serán resueltas por la dirección facultativa.



Datos a tener en cuenta por el constructor

Las especificaciones no descritas en el presente pliego y que figuren en cualquiera de los documentos que completa el proyecto: memoria, planos, mediciones y presupuesto, deben considerarse como datos a tener en cuenta en la formulación del presupuesto por parte del constructor que realice las obras, así como el grado de calidad de las mismas.

Conceptos no reflejados en parte de la documentación

En la circunstancia de que se vertieran conceptos en los documentos escritos que no fueran reflejados en los planos del proyecto, el criterio a seguir lo decidirá la dirección facultativa; recíprocamente cuando en los documentos gráficos aparecieran conceptos que no se ven reflejados en los documentos escritos, la especificación de los mismos será decidida igualmente por la dirección facultativa.

Trabajos no estipulados expresamente

Es obligación del constructor ejecutar cuanto sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras, aun cuando no se halle expresamente determinado en los documentos de proyecto, siempre que sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga la dirección facultativa dentro de los límites de posibilidades que los presupuestos habiliten para cada unidad de obra y tipo de ejecución.



Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del proyecto

Cuando se trate de aclarar, interpretar o modificar preceptos de los pliegos de condiciones o indicaciones de los planos o croquis, las órdenes e instrucciones correspondientes se comunicarán por escrito al constructor, estando éste obligado a su vez a devolver los originales o las copias suscribiendo con su firma el enterado, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos o instrucciones que reciba, tanto del director de ejecución de la obra como del director de obra.

Requerimiento de aclaraciones por parte del constructor

El constructor podrá requerir del director de obra o del director de ejecución de la obra, según sus respectivos cometidos, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de lo proyectado.

Reclamación contra las órdenes de la dirección facultativa

Las reclamaciones de orden económico que el constructor quiera hacer contra las órdenes o instrucciones dimanadas de la dirección facultativa sólo podrá presentarlas en el plazo de tres días, a través del director de obra, ante la propiedad.

Contra disposiciones de tipo técnico del director de obra, del director de ejecución de la obra, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el constructor salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada dirigida al director de obra en el plazo de una semana, el cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo, que en todo caso será



obligatorio para este tipo de reclamaciones.

Libro de órdenes y asistencias

Con objeto de que en todo momento se pueda tener un conocimiento adecuado de la ejecución e incidencias de la obra, se llevará mientras dure la misma, el libro de órdenes y asistencias, en el que la dirección facultativa reflejará las visitas realizadas, incidencias surgidas y en general todos aquellos datos que sirvan para determinar si por la contrata se han cumplido los plazos y fases de ejecución previstos para la realización de la obra.

El director de la obra, el director de ejecución de la obra y los demás facultativos colaboradores en la dirección de las obras irán dejando constancia, mediante las oportunas referencias, de sus visitas e inspecciones y de las incidencias que surjan en el transcurso de ellas y obliguen a cualquier modificación en el proyecto, así como de las órdenes que se necesite dar al constructor respecto de la ejecución de las obras, las cuales serán de su obligado cumplimiento.

Las anotaciones en el libro de órdenes, harán fe a efectos de determinar las posibles causas de resolución e incidencias del contrato; sin embargo cuando el constructor no estuviese conforme podrá alegar en su descargo todas aquellas razones que abonen su postura, aportando las pruebas que estime pertinentes. Efectuar una orden a través del correspondiente asiento en este libro no será obstáculo para que cuando la dirección facultativa lo juzgue conveniente, se efectúe la misma también por oficio. Dicha circunstancia se reflejará de igual forma en el libro de órdenes.



Recusación por el constructor de la dirección facultativa

El constructor no podrá recusar a los directores de obra, directores de ejecución de la obra, o personal encargado por éstos de la vigilancia de las obras, ni pedir que por parte de la propiedad se designen otros facultativos para los reconocimientos y mediciones.

Cuando se crea perjudicado por la labor de éstos, procederá de acuerdo con lo estipulado en el párrafo correspondiente (que figura anteriormente) del presente pliego de condiciones, pero sin que por esta causa puedan interrumpirse ni perturbarse la marcha de los trabajos

Faltas del personal

El director de obra, en supuestos de desobediencia a sus instrucciones, manifiesta incompetencia o negligencia grave que comprometan o perturben la marcha de los trabajos, podrá requerir al constructor para que aparte de la obra a los dependientes u operarios causantes de la perturbación.

Subcontrataciones por parte del constructor

El constructor podrá subcontratar capítulos o unidades de obra a subcontratistas, con sujeción a lo dispuesto por la legislación sobre esta materia y, en su caso, a lo estipulado en el pliego de condiciones particulares, todo ello sin perjuicio de sus obligaciones como constructor general de la obra.



Desperfectos a colindantes

Si el constructor causase algún desperfecto en propiedades colindantes tendrá que restaurarlas por su cuenta, dejándolas en el estado que las encontró al comienzo de la obra.

4.1.2.2 Recepción de la obra

Para la recepción de la obra se estará en todo a lo estipulado al respecto en el artículo 6 de la ley de Ordenación de la edificación (ley 38/1999, de 5 de noviembre).

Plazo de garantía

El plazo de las garantías establecidas por la ley de Ordenación de la edificación comenzará a contarse a partir de la fecha consignada en el acta de recepción de la obra o cuando se entienda ésta tácitamente producida (Art. 6 de la LOE).

Autorizaciones de uso

Al realizarse la recepción de las obras deberá presentar el constructor las pertinentes autorizaciones de los organismos oficiales para el uso y puesta en servicio de las instalaciones que así lo requieran.

Los gastos de todo tipo que dichas autorizaciones originen, así como los derivados de arbitrios, licencias, vallas, alumbrado, multas, etc., que se ocasionen en las obras desde su inicio hasta su total extinción serán de cuenta del constructor.



Documentación de final de obra. Conformación del Libro del Edificio

En relación con la elaboración de la documentación del seguimiento de la obra (Anejo II de la parte I del CTE), así como para la conformación del Libro del Edificio, el constructor facilitará a la dirección facultativa toda la documentación necesaria, relativa a la obra, que permita reflejar la realmente ejecutada, la relación de todas las empresas y profesionales que hayan intervenido.

Con idéntica finalidad la dirección facultativa tendrá derecho a exigir la cooperación de los empresarios y profesionales que participen directa o indirectamente en la ejecución de la obra y estos deberán prestársela.

Garantías del constructor

Sin perjuicio de las garantías que expresamente se detallen, el constructor garantiza en general todas las obras que ejecute, así como los materiales empleados en ellas y su buena manipulación.

Normas de cumplimentación y tramitación de documentos

Se cumplimentarán todas las normas de las diferentes consejerías y demás organismos, que sean de aplicación.



4.1.2.3 De los trabajos, los materiales y los medios auxiliares

Caminos y accesos

El constructor dispondrá por su cuenta los accesos a la obra y el cerramiento o vallado de ésta. El director de ejecución de la obra podrá exigir su modificación o mejora.

Replanteo

Como actividad previa a cualquier otra de la obra, se procederá por el constructor al replanteo de las obras en presencia de la dirección facultativa, marcando sobre el terreno convenientemente todos los puntos necesarios para la ejecución de las mismas. De esta operación se extenderá acta por duplicado, que firmarán la dirección facultativa y el constructor. La Contrata facilitará por su cuenta todos los medios necesarios para la ejecución de los referidos replanteos y señalamiento de los mismos, cuidando bajo su responsabilidad de las señales o datos fijados para su determinación.

Comienzo de la obra y ritmo de ejecución de los trabajos

La obra dará comienzo en el plazo estipulado, para lo cual el constructor deberá obtener obligatoriamente la autorización por escrito del director de obra y comunicar el comienzo de los trabajos al director de ejecución de la obra al menos con cinco días de antelación.

El ritmo de la construcción ira desarrollándose en la forma necesaria para que dentro de los períodos parciales queden ejecutados los trabajos correspondientes y, en consecuencia, la ejecución total se lleve a efecto dentro del plazo exigido.



Orden de los trabajos

En general la determinación del orden de los trabajos es facultad de la contrata, salvo aquellos casos en que, por circunstancias de orden técnico, estime conveniente su variación la dirección facultativa.

Facilidades para el subcontratista

De acuerdo con lo que requiera la dirección facultativa, el constructor deberá dar todas las facilidades razonables para la realización de los trabajos que le sean encomendados a los subcontratistas que intervengan en la obra. Ello sin perjuicio de las compensaciones económicas a que haya lugar entre subcontratistas por utilización de medios auxiliares o suministros de energía u otros conceptos. En caso de litigio se estará a lo establecido en la legislación relativa a la subcontratación y en último caso a lo que resuelva la dirección facultativa.

Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor

Cuando sea preciso ampliar el proyecto, por motivo imprevisto o por cualquier causa accidental, no se interrumpirán los trabajos, continuándose si técnicamente son posibles, según las instrucciones dadas por el director de obra en tanto se formula o se tramita el proyecto reformado.

Obras de carácter urgente

El constructor está obligado a realizar con su personal y sus materiales cuanto la dirección facultativa de las obras disponga para apeos, apuntalamientos, derribos, recalces o cualquier otra obra de carácter urgente.



Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra

El constructor no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de obras estipulados, alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la dirección facultativa, a excepción del caso en que habiéndolo solicitado por escrito no se le hubieran proporcionado.

Obras ocultas

De todos los trabajos y unidades de obra que hayan de quedar ocultos a la terminación del edificio, se levantarán los planos precisos para que queden perfectamente definidos; estos documentos se extenderán por triplicado, entregándose uno al director de obra; otro al director de ejecución de la obra; y el tercero al constructor, firmados todos ellos por los tres. Dichos planos, que deberán ir suficientemente acotados, se considerarán documentos indispensables e irrecusables para efectuar las mediciones.

Trabajos defectuosos

El constructor debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en las disposiciones técnicas, generales y particulares del pliego de condiciones y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado también en dicho documento.

Por ello y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del conjunto proyectado, es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en éstos puedan existir por su mala ejecución, erradas maniobras o por la deficiente calidad de los materiales empleados, sin que le exonere de responsabilidad el control que compete al director de ejecución de la obra, ni tampoco el hecho de que estos trabajos hayan sido



valorados en las certificaciones parciales de obra.

Accidentes

Así mismo será responsable ante los tribunales de los accidentes que, por ignorancia o descuido, sobrevinieran, tanto en la construcción como en los andamios, ateniéndose en todo a la legislación sobre la materia.

Defectos apreciables

Cuando el director de ejecución de la obra advierta vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados no reúnen las condiciones prescritas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados éstos, y antes de verificarse la recepción de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado, y todo ello a expensas de la contrata. Si ésta no estimase justa la decisión y se negase a la demolición y reconstrucción ordenadas, se planteará la cuestión ante el director de obra, quien resolverá.

Vicios ocultos

Si el director de ejecución de la obra tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará efectuar en cualquier tiempo, y antes de la recepción de la obra, los ensayos, destructivos o no, que crea necesarios para reconocer los trabajos que suponga defectuosos, dando cuenta de la circunstancia al director de obra.

Los gastos que se ocasionen serán de cuenta del constructor, siempre que los



vicios existan realmente.

De los materiales y de los componentes comerciales y su procedencia

El constructor tiene libertad de proveerse de los materiales y componentes comerciales de todas clases en los puntos que le parezca conveniente, excepto en los casos en que el pliego de condiciones técnicas particulares preceptúe una procedencia determinada.

Obligatoriamente, y antes de proceder a su empleo o acopio, el constructor deberá presentar a la dirección facultativa una lista completa de los materiales y componentes comerciales que vaya a utilizar en la que se especifiquen todas las indicaciones sobre marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

Reconocimiento de los materiales por la dirección facultativa

Los materiales serán reconocidos, antes de su puesta en obra, por la dirección facultativa sin cuya aprobación no podrán emplearse; para lo cual el constructor le proporcionará al menos dos muestras de cada material para su examen, a la dirección facultativa, pudiendo ser rechazados aquellos que a su juicio no resulten aptos. Los materiales desechados serán retirados de la obra en el plazo más breve. Las muestras de los materiales una vez que hayan sido aceptados, serán guardadas juntamente con los certificados de los análisis, para su posterior comparación y contraste.

Ensayos y análisis

Siempre que la dirección facultativa lo estime necesario, serán efectuados los



ensayos, pruebas, análisis y extracción de muestras de obra realizada que permitan comprobar que tanto los materiales como las unidades de obra están en perfectas condiciones y cumplen lo establecido en este pliego.

El abono de todas las pruebas y ensayos será de cuenta del constructor.

Todo ensayo que no haya resultado satisfactorio o que no ofrezca las suficientes garantías podrá comenzarse de nuevo a cargo del mismo.

Materiales no utilizables

Se estará en todo a lo dispuesto en la legislación vigente sobre gestión de los residuos de obra.

Materiales y componentes comerciales defectuosos

Cuando los materiales, elementos de instalaciones o aparatos no fuesen de la calidad prescrita en este pliego de condiciones, o no tuvieran la preparación en él exigida o, en fin, cuando la falta de prescripciones formales de aquel, se reconociera o se demostrara que no eran adecuados para su objeto, el director de obra a instancias propias o del director de ejecución de la obra, dará orden al constructor de sustituirlos por otros que satisfagan las condiciones o llenen el objeto a que se destinen.

Si los materiales, elementos de instalaciones o aparatos no alcanzasen la calidad prescrita, pero fuesen aceptables a juicio del director de obra, se recibirán con la rebaja de precio que aquél determine, a no ser que el constructor prefiera sustituirlos por otros en condiciones.



Limpieza de las obras

Es obligación del constructor mantener limpias las obras y sus alrededores, tanto de escombros como de materiales sobrantes, hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como adoptar las medidas y ejecutar todos los trabajos que sean necesarios para que la obra ofrezca buen aspecto.

Obras sin prescripciones

En la ejecución de los trabajos que entran en la construcción de las obras y para los cuales no existan prescripciones consignadas explícitamente en este pliego de condiciones ni en la restante documentación del proyecto, el constructor se atenderá, en primer término, a las instrucciones que dicte la dirección facultativa de las obras y, en segundo lugar, a las reglas y prácticas de la buena construcción.

4.1.3 DISPOSICIONES ECONÓMICAS

4.1.3.1 Medición de las unidades de obra

La medición del conjunto de unidades de obra se verificará aplicando a cada una de ellas la unidad de medida que le sea apropiada y con arreglo a las mismas unidades adoptadas en el presupuesto, unidad completa, metros lineales, cuadrados, o cúbicos, kilogramos, partida alzada, etc.

Tanto las mediciones parciales como las totales ejecutadas al final de la obra se realizarán conjuntamente con el constructor, levantándose las correspondientes actas que serán firmadas por ambas partes.



Todas las mediciones que se efectúen comprenderán las unidades de obra realmente ejecutadas, no teniendo el constructor derecho a reclamación de ninguna especie por las diferencias que se produjeran entre las mediciones que se ejecuten y las que figuren en el proyecto, salvo cuando se trate de modificaciones de éste aprobadas por la dirección facultativa y con la conformidad del promotor que vengan exigidas por la marcha de las obras, así como tampoco por los errores de clasificación de las diversas unidades de obra que figuren en los estados de valoración.

4.1.3.2 Valoración de las unidades de obra

La valoración de las unidades de obra no expresadas en este pliego de condiciones se verificará aplicando a cada una de ellas la medida que le sea más apropiada y en la forma y condiciones que estime justas el director de obra, multiplicando el resultado final por el precio correspondiente.

El constructor no tendrá derecho alguno a que las medidas a que se refiere este artículo se ejecuten en la forma que él indique, sino que será con arreglo a lo que determine el director de la obra.

Se supone que el constructor debe estudiar detenidamente los documentos que componen el proyecto y, por lo tanto, de no haber hecho ninguna observación sobre errores posibles o equivocaciones del mismo, no habrá lugar a reclamación alguna en cuanto afecta a medidas o precios, de tal suerte que si la obra ejecutada con arreglo al proyecto contiene mayor número de unidades de las previstas, no tendrá derecho a reclamación alguna.

Las valoraciones de las unidades de obra que figuran en el presente proyecto se efectuarán multiplicando el número de éstas por el precio unitario asignado a las mismas en el contrato suscrito entre promotor y constructor o, en defecto de este, a las del presupuesto del proyecto.



En el precio unitario aludido en el artículo anterior se consideran incluidos los gastos del transporte de materiales, las indemnizaciones o pagos que hayan de hacerse por cualquier concepto, así como todo tipo de impuestos que graven los materiales durante la ejecución de las obras, ya sea por el Estado, Comunidad Autónoma, Provincia o Municipio; de igual forma se consideran incluidas toda clase de cargas sociales. También serán de cuenta del constructor los honorarios, las tasas y demás gravámenes que se originen con ocasión de las inspecciones, aprobación y comprobación de las instalaciones con que esté dotado el inmueble.

El constructor no tendrá derecho por ello a pedir indemnización alguna por las causas enumeradas. En el precio de cada unidad de obra van comprendidos los de todos los materiales, accesorios y operaciones necesarias para dejar la obra terminada y en disposición de recibirse.

4.1.3.3 Abonos del promotor al constructor a cuenta de la liquidación final

Todo lo que se refiere al régimen de abonos del promotor al constructor se regirá por lo especificado en el contrato suscrito entre ambos.

En ausencia de tal determinación, el constructor podrá solicitar al promotor abonos a cuenta de la liquidación final mediante la presentación de facturas por el montante de las unidades de obra ejecutada que refleje la "Certificación parcial de obra ejecutada" que deberá acompañar a cada una de ellas.

Las certificaciones parciales y la liquidación final de las unidades de obra ejecutada, que se realizarán según el criterio establecido en el punto anterior (valoración de las unidades de obra), serán suscritas por el director de ejecución de la obra y el constructor y serán conformadas por el director de obra, con los visados que en su caso fueran preceptivos.



Los abonos que el promotor efectúe al constructor tendrán el carácter de "entrega a cuenta" de la liquidación final de la obra, por lo que el promotor podrá practicar en concepto de "garantía", en cada uno de ellos, una retención del 5 % que deberá quedar reflejada en la factura. Estas retenciones podrán ser sustituidas por la aportación del constructor de una fianza o de un seguro de caución que responda del resarcimiento de los daños materiales por omisiones, vicios o defectos de ejecución de la obra.

Una vez finalizada la obra, con posterioridad a la extinción de los plazos de garantía establecidos por la Ley de Ordenación de la Edificación, el constructor podrá solicitar la devolución de la fianza depositada o de las cantidades retenidas, siempre que de haberse producido deficiencias éstas hubieran quedado subsanadas.



CAPÍTULO 4.2. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES

4.2.1 PRESCRIPCIONES SOBRE LOS MATERIALES, SOBRE LA EJECUCIÓN POR UNIDADES DE OBRA Y SOBRE VERIFICACIONES EN LA OBRA TERMINADA

El director de obra y el director de la ejecución de la obra realizarán, según las necesidades de la obra y según sus respectivas competencias, el control de recepción en obra de los productos, equipos y sistemas que se suministren a la obra, con el fin de comprobar que sus características técnicas satisfacen lo exigido en el proyecto. Este control comprenderá:

- El control de la documentación de los suministros, para lo que se requerirá a los suministradores los documentos de identificación del producto exigidos por la normativa de obligado cumplimiento y, en su caso, por el proyecto o por la dirección facultativa, comprenderá al menos lo siguiente:

- Acreditación del origen, hoja de suministro y etiquetado.
- El certificado de garantía del fabricante, firmado por persona física; y
- Los documentos de conformidad o autorizaciones administrativas exigidas reglamentariamente, incluida la documentación correspondiente al mercado CE de los productos de construcción, cuando sea pertinente, de acuerdo con las disposiciones que sean transposición de las Directivas Europeas que afecten a los productos suministrados.



- El control de recepción mediante distintivos de calidad y evaluaciones de idoneidad técnica:

- Los Distintivos de Calidad que ostenten los productos, equipos o sistemas suministrados, que aseguren las características técnicas de los mismos exigidas en el proyecto y documentará, en su caso, el reconocimiento oficial del distintivo.

- Las evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto de productos, equipos y sistemas innovadores, de acuerdo con lo establecido en el artículo 5.2.5 de la Parte I del CTE, y la constancia del mantenimiento de sus características técnicas. El director de la ejecución de la obra verificará que esta documentación es suficiente para la aceptación de los productos, equipos y sistemas amparados por ella.

- El control de recepción mediante ensayos:

- Si es necesario, se realizarán ensayos y pruebas sobre algunos productos, según lo establecido en la reglamentación vigente, o bien según lo especificado en el proyecto u ordenados por la dirección facultativa.

- La realización de este control se efectuará de acuerdo con los criterios establecidos en el proyecto o indicados por la dirección facultativa sobre el muestreo del producto, los ensayos a realizar, los criterios de aceptación y rechazo y las acciones a adoptar.

Todos los materiales a emplear en la presente obra dispondrán de Distintivo de Calidad, Certificado de Garantía del fabricante y en su caso marcado CE. Serán de buena calidad reuniendo las condiciones establecidas en las disposiciones vigentes referentes a materiales y prototipos de construcción.



Todos los materiales que la Dirección Facultativa considere necesarios podrán ser sometidos a los análisis o pruebas, por cuenta de la Contrata, para acreditar su calidad. Cualquier otro que haya sido especificado y sea necesario emplear deberá ser aprobado por la Dirección Facultativa de las obras, bien entendido que será rechazado el que no reúna las condiciones exigidas por la buena práctica de la construcción.

Deberá darse forma material, estable y permanente al origen del replanteo.

Todos los trabajos incluidos en el presente proyecto se ejecutarán esmeradamente, con arreglo a las normas de la buena construcción y cumplirán estrictamente las instrucciones recibidas de la Dirección Facultativa.

Los replanteos de cualquier oficio serán dirigidos por la Dirección Facultativa en presencia del Constructor, quien aportará los operarios y medios materiales necesarios.

El Constructor reflejará, con el visto bueno de la Dirección Facultativa, las variaciones producidas sobre copia de los planos correspondientes, quedando unida a la documentación técnica de la obra.

La obra se llevará a cabo con sujeción al proyecto y sus modificaciones autorizadas por el director de obra previa conformidad del promotor. Estará sujeta a la legislación aplicable, a las normas de la buena práctica constructiva, así como a las instrucciones del director de obra y del director de ejecución de la obra.

Durante la obra se elaborará la documentación reglamentariamente exigible. En ella se incluirá, sin perjuicio de lo que establezcan otras administraciones públicas competentes, la documentación del control de calidad realizado a lo largo de la obra. En el CTE, Parte I, anejo II, se detalla, con carácter indicativo, el contenido de la documentación del seguimiento de la obra.



Cuando en el desarrollo de la obra intervengan otros técnicos para dirigir la parte correspondiente de proyectos parciales, lo harán bajo la coordinación del director de obra.

Durante la construcción, el director de ejecución de la obra controlará la ejecución de cada unidad de obra verificando su replanteo, los materiales que se utilicen, la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos, de las instalaciones, así como las verificaciones y demás pruebas de servicio a realizar para comprobar su conformidad con lo indicado en el proyecto, la legislación aplicable, las normas de buena práctica constructiva y las instrucciones de la dirección facultativa.

En la recepción de la obra ejecutada pueden tenerse en cuenta las certificaciones de conformidad que ostenten los agentes que intervienen, así como las verificaciones que, en su caso, realicen las entidades de control de calidad de la edificación.

Se comprobará que se han adoptado las medidas necesarias para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos.

En el control de ejecución de la obra se adoptarán los métodos y procedimientos que se contemplen en las evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto de productos, equipos y sistemas innovadores.

En la obra terminada, bien sobre toda ella en su conjunto, o bien sobre sus diferentes partes y sus instalaciones, parcial o totalmente terminadas, deben realizarse, además de las que puedan establecerse con carácter voluntario, las comprobaciones y pruebas de servicio previstas en el proyecto u ordenadas por la dirección facultativa y las exigidas por la legislación aplicable.



La documentación de la obra ejecutada, para su inclusión en el Libro del Edificio establecido en la LOE y por las administraciones públicas competentes, se completará con lo que se establezca, en su caso, en los DB para el cumplimiento de las exigencias básicas del CTE.

Se incluirá en el libro del edificio la documentación indicada en apartado del presente pliego de condiciones respecto a los productos, equipos y sistemas que se incorporen a la obra. Contendrá, asimismo, las instrucciones de uso y mantenimiento de la obra terminada, de conformidad con lo establecido en la normativa aplicable.

El conjunto proyectado se utilizará adecuadamente de conformidad con las instrucciones de uso, absteniéndose de hacer un uso incompatible con el previsto. Los propietarios y los usuarios pondrán en conocimiento de los responsables del mantenimiento cualquier anomalía que se observe en el funcionamiento normal del edificio terminado.

El conjunto proyectado debe conservarse en buen estado mediante un adecuado mantenimiento. Esto supondrá la realización de las siguientes acciones:

- Llevar a cabo un plan de mantenimiento del conjunto proyectado, encargando a técnico competente las operaciones señaladas en las instrucciones de uso y mantenimiento.
- Realizar las inspecciones reglamentariamente establecidas y conservar su correspondiente documentación.
- Documentar a lo largo de la vida útil del conjunto proyectado todas las intervenciones, ya sean de reparación, reforma o rehabilitación realizadas sobre el mismo, consignándolas en el libro del edificio.



4.2.2 CLÁUSULAS ESPECÍFICAS RELATIVAS A LAS UNIDADES DE OBRA

Las prescripciones concretas sobre cada uno de los materiales o de las unidades de obra serán las descritas en la documentación técnica del proyecto. Para todo lo no incluido en el proyecto se estará a lo que determine la dirección facultativa.

De cualquier forma se cumplirá lo que establezcan para cada caso el CTE y el resto de normativa o reglamentación técnica.

A continuación se incorpora una relación somera de cláusulas elementales relativas a los aspectos más significativos de la obra:

- Movimiento de tierras

- Se tomarán todo género de precauciones para evitar daños a las redes de servicios, especialmente de tendidos aéreos o subterráneos de energía eléctrica, guardándose en todo momento y bajo cualquier circunstancia las especificaciones al respecto de la correspondiente Compañía suministradora.

- Se dará cuenta de inmediato de cualquier hallazgo imprevisto a la Dirección Facultativa de la obra.

- Cuando se realicen desmontes del terreno utilizando medios mecánicos automóviles, la excavación se detendrá a 1,00 m de cualquier tipo de construcción existente o en ejecución, continuándose a mano en bandas de altura inferior a 1,50 m.

- En los vaciados, zanjas y pozos se realizarán entibados cuando la profundidad de excavación supere 1,30 m y deban introducirse personas en los vaciados, zanjas y pozos.



DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL

DOCUMENTO PLIEGO DE CONDICIONES

• Obras de hormigón

De acuerdo con la Instrucción de Estructuras de Hormigón Estructural (EHE-08), el hormigón a emplear en la obra objeto del presente Proyecto cumplirá lo establecido en los Capítulos XVI y XVII que le sea de aplicación de la norma EHE-08, o aquella que legalmente la sustituya.

En las siguientes tablas se recopilan las propiedades y características de los componentes de los elementos de obra de hormigón armado.

EHE CARÁTERÍSTICAS DEL HORMIGÓN			General	Elementos que varían		
				Cimentación	Estructura	Muros
Componentes	Cemento (RC-97)	Tipo Resistencia	CEM II/A-V 32.5 R N/mm ²	CEM II/A-V 32.5 R N/mm ²		
	Agua (Artº 27)	Contenido máx. ion cloruro	3 gr/litro	3 gr/litro		
	Áridos (Artº 28)	Clase	Machacado	Machacado		
		Tamaño máximo	20 mm	40 mm		
Hormigón	Tipo		HA-25/B/20/Ila	HA-25/B/40/Ila		
	Resistencia característica		25 N/mm ²	25 N/mm ²		
	Consistencia (Artº 30.6)		Blanda	Blanda		
	Ambiente (Tabla 8.2.2)		Ila	Ila		
	Recubrimiento mínimo armaduras (Tabla 37.2.4)		25 + 10 mm	32 + 10 mm		
	Contenido mínimo cemento (Tabla 37.3.2.a)		275 Kg	275 Kg		
	Relación máxima agua/cemento (Tabla 37.3.2.a)		0.60	0.60		
	Compactación		Vibrado	Vibrado		
Acero	Tipo de acero (Tabla 31.2.a)		B 400S	B 400S		
	Límite elástico (Tabla 31.2.a)		348 N/mm ²	348 N/mm2		
	Mallas electrosoldadas (Tabla 31.3)		B 400T	B 400T		
	Límite elástico (Tabla 31.3)		348 N/mm ²	348 N/mm2		



DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL

DOCUMENTO PLIEGO DE CONDICIONES

EHE ESPECIFICACIONES DE CÁLCULO Y CONTROL DE CALIDAD			
Tipo	Coeficiente parcial de seguridad	Nivel de Control	Forma de elaboración
HA-25/B/20/Ila	1.50	Estadístico	Central
B 400S	1.15	Normal	Sello AENOR
	Cargas permanentes 1.50 Cargas permanentes valor no constante 1.60 Cargas variables 1.60	Normal	
Número de lotes (Tabla 88.4)	Cimentación, y cada Forjado sucesivo		
Número amasadas/ lote	2		
Número probetas/	2		

- En todo caso, en cada partida que llegue a la obra, el encargado de la misma exigirá la entrega de la documentación escrita que deje constancia de sus características.
- En general podrán ser usadas, tanto para el amasado, como para el curado del hormigón en obra, todas las aguas sancionadas como aceptables por la práctica o la empleada como potable.
- Se entenderá por arena o árido fino, el árido o fracción del mismo que pasa por un tamiz de 5 mm de luz de malla. Se entenderá por grava o árido grueso al que resulta retenido por el tamiz de 5 mm de luz de malla.
- Sobre el hormigón y sus componentes se realizarán los ensayos indicados en la documentación técnica de la obra por un laboratorio acreditado.
- El acero para armados, en su caso, contará con Distintivo de Calidad y Certificado de Homologación. Por tal motivo el encargado de obra exigirá a la recepción del material los citados documentos, así como aquellos otros que describan el nombre



del fabricante, el tipo de acero y el peso.

- Se prohíbe la soldadura en la formación de armados, debiéndose realizar los empalmes de acuerdo con lo establecido en la Instrucción "EHE-08" o aquella que legalmente la sustituya.
- La Dirección Facultativa coordinará con el laboratorio la toma de muestras y la ejecución de las probetas en obra.
- Cuando sea necesario, la Dirección Facultativa realizará los planos precisos para la ejecución de los encofrados. Estos se realizarán en madera -tabla o tablero hidrófugo- o chapa de acero.
- Únicamente se utilizarán los aditivos especificados en la documentación técnica de la obra. Será preceptivo que dispongan de certificado de homologación o DIT, en su caso se mezclarán en las proporciones y con las condiciones que determine la Dirección Facultativa.
- Se suspenderá el hormigonado siempre que se prevea que dentro de las cuarenta y ocho horas siguientes puede descender la temperatura ambiente por debajo de 3º C. De igual forma si la temperatura ambiente es superior a 40º C, también se suspenderá el hormigonado.
- Con referencia a la puesta en obra del hormigón, para lo no dispuesto en la documentación del proyecto o en este pliego, se estará en todo a lo que establece la Instrucción "EHE-08" o aquella que legalmente la sustituya.
- Las instrucciones sobre ejecución de los forjados se encuentran contenidas en la documentación técnica de la obra. En su defecto se estará a lo que disponga la Dirección Facultativa.



- Albañilería

- El cemento habrá de ser de superior calidad y de fábricas acreditadas, cumpliendo cuanto establece el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la Recepción de Cementos “RC-08” o aquella norma que legalmente lo sustituya. En todo caso, en cada partida que llegue a la obra, el encargado de la misma exigirá la entrega del Certificado de Homologación y de la documentación escrita que deje constancia de sus características.
- Los ladrillos y bloques deberán presentar uniformidad de aspecto, dimensiones y peso, así como las condiciones de color, eflorescencia, succión, heladicidad, forma, tipos, dimensiones y disposición constructiva especificadas. En su defecto determinará la Dirección Facultativa.
- Se ejecutarán, en su caso, las juntas de dilatación prescritas en la documentación técnica del proyecto, en la forma y condiciones que en ésta se determine.

- Cubiertas

- Las soluciones constructivas de puntos singulares que no se encuentren especificadas en aquella, serán determinadas por la Dirección Facultativa, previamente al comienzo de los trabajos.

- Solados y revestimientos

- Las soluciones constructivas de puntos singulares que no se encuentren especificadas en aquella, serán determinadas por la Dirección Facultativa, previamente al comienzo de los trabajos. No se admitirán irregularidades en forma y dimensiones.



- Todas las sustancias de uso general en la pintura serán de excelente calidad.
- En paramentos de fábrica se aplicarán al menos dos manos sobre superficie seca. En el caso de barnices se aplicarán dos manos de imprimación antioxidante sobre acero.
- En todo caso, se procederá al lijado y limpieza de cualquier capa antes de la aplicación de la siguiente.

En Tudela, a de de

El Director de Obra

Fdo.:



CAPÍTULO 4.3. ANEXO AL PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES

4.3.1 NORMATIVA TÉCNICA APLICABLE

De acuerdo con el artículo 1ºA).uno, del Decreto 462/1971, de 11 de marzo, en la ejecución de las obras deberán observarse las normas vigentes aplicables sobre construcción.

A tal fin se incluye como anexo al presente Pliego de Condiciones la relación no exhaustiva de la normativa técnica aplicable, que lo será en función de la naturaleza del objeto del proyecto y de las características técnicas de la obra.

REGIÓN	TIPO	CÓDIGO	TÍTULO	BOE
España	RD	314/2006	Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.	28/03/2006
España	L	38/1999	Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación.	06/11/1999
España	RD	1371/2007	Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico «DB-HR Protección frente al ruido» del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.	23/10/2007
España	RD	173/2010	Real Decreto 173/2010, de 19 de febrero, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, en materia de accesibilidad y no discriminación de las personas con discapacidad.	11/03/2010



DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL

DOCUMENTO PLIEGO DE CONDICIONES

REGIÓN	TIPO	CÓDIGO	TÍTULO	BOE
España	RD	505/2007	Real Decreto 505/2007, de 20 de abril, por el que se aprueban las condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación de las personas con discapacidad para el acceso y utilización de los espacios públicos urbanizados y edificaciones.	11/05/2007
España	RD	105/2008	Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.	13/02/2008
España	RD	47/2007	Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.	31/01/2007
España	RD	997/2002	Real Decreto 997/2002, de 27 de septiembre, por el que se aprueba la norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación (NCSR-02).	11/10/2002
España	RD	1627/1997	Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.	25/10/1997
España	D	462/1971	Decreto 462/1971, de 11 de marzo, por el que se dictan normas sobre la redacción de proyectos y la dirección de obras de edificación.	24/03/1971
Navarra	OF	7/2010	Orden Foral 7/2010, de 21 de enero, por la que regula el Registro administrativo de certificados de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.	03/02/2010
Navarra	LF	5/2010	Ley Foral 5/2010, de 6 de abril, de accesibilidad universal y diseño para todas las personas.	14/04/2010
Navarra	DF	322/2000	Decreto Foral 322/2000, de 2 de octubre, por el que se regula el Libro del Edificio.	25/10/2000
España	O	VIV/561	Orden VIV/561/2010, de 1 de febrero, por la que se desarrolla el documento técnico de condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación para el acceso y utilización de los espacios públicos urbanizados.	11/03/2010



DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL

DOCUMENTO PLIEGO DE CONDICIONES

REGIÓN	TIPO	CÓDIGO	TÍTULO	BOE
España	L	15/1995	Ley 15/1995, de 30 de mayo, sobre límites del dominio sobre inmuebles para eliminar barreras arquitectónicas a las personas con discapacidad.	31/05/1995
España	L	51/2003	Ley 51/2003, de 2 de diciembre, de igualdad de oportunidades, no discriminación y accesibilidad universal de las personas con discapacidad.	03/12/2003
España	L	32/2006	Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción.	19/10/2006
Navarra	R	302/2007	Resolución 302/2007, de 17 de mayo, por la que se excluye del ámbito de aplicación de los Documentos Básicos HE4 y HE5 del Código Técnico de la Edificación a las localidades de la Ribera de Navarra.	27/06/2007
Navarra	OF	333/2007	Orden Foral 333/2007, de 8 de noviembre, por la que se establecen normas para la habilitación del Libro de Subcontratación en el sector de la construcción.	19/11/2007
Navarra	OF	79/1999	Orden Foral 79/1999, de 25 de marzo, por la que se establece el procedimiento de tramitación administrativa para la puesta en servicio de Instalaciones de grúas torre desmontables para obras.	07/05/1999
Navarra	DF	74/1987	Decreto Foral 74/1987, de 26 de marzo, sobre eliminación de barreras arquitectónicas en obras y construcciones propias subvencionadas por la Administración de la Comunidad Foral.	08/04/1987
Navarra	DF	154/1989	Decreto Foral 154/1989, de 29 de junio, por el que se aprueba el Reglamento para el desarrollo y aplicación de la Ley Foral 4/1988, de 11 de julio, sobre barreras físicas y sensoriales.	17/07/1989



DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL

DOCUMENTO PLIEGO DE CONDICIONES

REGIÓN	TIPO	CÓDIGO	TÍTULO	BOE
España	RD	1247/2008	Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, por el que se aprueba la instrucción de hormigón estructural (EHE-08).	22/08/2008
España	RD	956/2008	Real Decreto 956/2008, de 6 de junio, por el que se aprueba la instrucción para la recepción de cementos (RC-08).	19/06/2008
España	RD	312/2005	Real Decreto 312/2005, de 18 de marzo, por el que se aprueba la clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego.	02/04/2005
España	RD	2531/1985	Real Decreto 2531/1985, de 18 de diciembre, por el que se declaran de obligado cumplimiento las especificaciones técnicas de los recubrimientos galvanizados en caliente sobre productos, piezas y artículos diversos contruidos o fabricados con acero u otros materiales férreos, y su homologación por el Ministerio de Industria y Energía.	03/01/1986
España	RD	1630/1980	Real Decreto 1630/1980, de 18 de julio, sobre fabricación y empleo de elementos resistentes para pisos y cubiertas.	08/08/1980
España	R	29/07/99	Resolución de 29 de julio de 1999, por la que se aprueban las disposiciones reguladoras del sello INCE para hormigón preparado adaptadas a la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE).	15/09/1999
España	RD	605/2006	Real Decreto 605/2006, de 19 de mayo, por el que se aprueban los procedimientos para la aplicación de la norma UNE-EN 197-2:2000 a los cementos no sujetos al marcado CE y a los centros de distribución de cualquier tipo de cemento.	07/06/2006



DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL

DOCUMENTO PLIEGO DE CONDICIONES

REGIÓN	TIPO	CÓDIGO	TÍTULO	BOE
España	RD	110/2008	Real Decreto 110/2008, de 1 de febrero, por el que se modifica el Real Decreto 312/2005, de 18 de marzo, por el que se aprueba la clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego.	12/02/2008
España	RD	1630/1992	Real Decreto 1630/1992, de 29 de diciembre, por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106/CEE.	09/02/1993
España	O	12/12/77	Orden de 12 de diciembre de 1977 por la que se crea el sello INCE.	22/12/1977
España	L	31/1995	Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.	10/11/1995
España	RD	39/1997	Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.	31/01/1997
España	RD	773/1997	Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.	12/06/1997
España	RD	486/1997	Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.	23/04/1997
España	RD	1627/1997	Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.	25/10/1997
España	RD	635/2006	Real Decreto 635/2006, de 26 de mayo, sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado.	27/05/2006



DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL

DOCUMENTO PLIEGO DE CONDICIONES

REGIÓN	TIPO	CÓDIGO	TÍTULO	BOE
España	RD	1644/2008	Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.	11/10/2008
España	RD	614/2001	Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.	21/06/2001
España	RD	286/2006	Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.	11/03/2006
España	RD	374/2001	Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.	01/05/2001
España	RD	681/2003	Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.	18/06/2003
España	RD	783/2001	Real Decreto 783/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes.	26/07/2001
España	RD	863/1985	Real Decreto 863/1985, de 2 de abril, por el que se aprueba el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera.	12/06/1985
España	L	2/1985	Ley 2/1985, de 21 de enero, sobre Protección Civil.	25/01/1985
España	RD	1254/1999	Real Decreto 1254/1999, de 16 de julio, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.	20/07/1999



DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL

DOCUMENTO PLIEGO DE CONDICIONES

REGIÓN	TIPO	CÓDIGO	TÍTULO	BOE
Navarra	DF	336/2004	Decreto Foral 336/2004, de 3 de noviembre, por el que se regula en la Comunidad Foral de Navarra la aplicación del Real Decreto 1254/1999, de 16 de julio, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.	26/11/2004
Navarra	DF	135/1998	Decreto Foral 135/1998, de 20 de abril, por el que se adapta la normativa de prevención de riesgos laborales al ámbito de la Administración de la Comunidad Foral y sus organismos autónomos.	15/05/1998
País Vasco	L	1/1996	Ley 1/1996, de 3 de abril, de gestión de emergencias.	22/04/1996
País Vasco	O	15/06/06	Orden de 15 de junio de 2006, sobre la documentación, evaluación e inspecciones relacionadas con la prevención de accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas.	12/07/2006
España	L	54/2003	Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.	13/12/2003
España	RD	67/2010	Real Decreto 67/2010, de 29 de enero, de adaptación de la legislación de Prevención de Riesgos Laborales a la Administración General del Estado.	10/02/2010
España	RD	298/2009	Real Decreto 298/2009, de 6 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, en relación con la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud en el trabajo de la trabajadora embarazada, que haya dado a luz o en período de lactancia.	07/03/2009



DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL

DOCUMENTO PLIEGO DE CONDICIONES

REGIÓN	TIPO	CÓDIGO	TÍTULO	BOE
España	RD	487/1997	Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores.	23/04/1997
España	RD	1215/1997	Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.	07/08/1997
España	RD	1407/1992	Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual.	28/12/1992
España	RD	488/1997	Real Decreto 488/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización.	23/04/1997
España	RD	485/1997	Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.	23/04/1997
España	RD	216/1999	Real Decreto 216/1999, de 5 de febrero, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en el trabajo en el ámbito de las empresas de trabajo temporal.	24/02/1999
España	RD	212/2002	Real Decreto 212/2002, de 22 de febrero, por el que se regulan las emisiones sonoras en el entorno debidas a determinadas máquinas de uso al aire libre.	01/03/2002
España	RD	1311/2005	Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas.	05/11/2005



DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL

DOCUMENTO PLIEGO DE CONDICIONES

REGIÓN	TIPO	CÓDIGO	TÍTULO	BOE
España	RD	665/1997	Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.	24/05/1997
Navarra	DF	121/2008	Decreto Foral 121/2008, de 15 de diciembre, por el que se modifica el Decreto Foral 135/1998, de 20 de abril, por el que se adapta la normativa de prevención de riesgos laborales al ámbito de la Administración de la Comunidad Foral y sus organismos autónomos.	09/01/2009



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE
FÚTBOL

DOCUMENTO PRESUPUESTO

Marcos Herrero Laborda

Francisco Javier Domínguez Equiza

Tudela, 24 de Abril de 2012



ÍNDICE

CAPÍTULO 5.1. MOVIMIENTO DE TIERRAS	3
CAPÍTULO 5.2. CIMENTACIONES.....	6
CAPÍTULO 5.3. ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL ESTADIO...	9
CAPÍTULO 5.4. GRADERÍOS Y ELEMENTOS DE PROTECCIÓN .	11
CAPÍTULO 5.5. ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA CUBIERTA METÁLICA	14
CAPÍTULO 5.6. MATERIAL DE CUBRICIÓN Y ELEMENTOS ESPECIALES PARA CUBIERTAS	17
CAPÍTULO 5.7. RESUMEN DE CAPÍTULOS.....	18



CAPÍTULO 5.1. MOVIMIENTO DE TIERRAS

Nº de orden	Concepto/Referencia	Cantidad	Precio Unitario	Total
5.1.1	Refino y nivelación de tierras por medios mecánicos mediante la utilización de una motoniveladora de 135 CV.	16.868,29 m ²	0,30	5.060,49
5.1.2	Excavación de pozos para las zapatas de hormigón armado de los apoyos de las vigas inclinadas de los pórticos porta-gradas, con medios mecánicos (retroexcavadora), incluso ayuda manual para zonas de difícil acceso, con carga en camión de 10 t y transporte al vertedero.	235,62 m ³	14,97	3.527,23
5.1.3	Excavación de pozos para las zapatas de hormigón armado de los apoyos de los pilares de los pórticos porta-gradas, con medios mecánicos (retroexcavadora), incluso ayuda manual para zonas de difícil acceso, con carga en camión de 10 t y transporte al vertedero.	227,70 m ³	14,97	3.408,67
5.1.4	Excavación de pozos para las zapatas de hormigón armado de los apoyos de las vigas inclinadas de los pórticos de entrada, con medios manuales, con carga en camión de 10 t y transporte al vertedero.	26,46 m ³	48,91	1.294,16
5.1.5	Excavación de pozos para las zapatas de hormigón armado de los apoyos de los pilares de los pórticos de entrada, con medios manuales, con carga en camión de 10 t y transporte al vertedero.	7,14 m ³	48,91	349,22



DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL

DOCUMENTO PRESUPUESTO

Nº de orden	Concepto/Referencia	Cantidad	Precio Unitario	Total
5.1.6	Excavación de pozos para las zapatas de hormigón armado de los apoyos de las vigas inclinadas de los pórticos de entrada especial, con medios mecánicos (retroexcavadora), incluso ayuda manual para zonas de difícil acceso, con carga en camión de 10 t y transporte al vertedero.	3,82 m ³	14,97	57,19
5.1.7	Excavación de pozos para las zapatas de hormigón armado de los apoyos de los pilares de los pórticos de entrada especial, con medios manuales, con carga en camión de 10 t y transporte al vertedero.	0,34 m ³	48,91	16,63
5.1.8	Excavación de pozos para las zapatas de hormigón armado de los apoyos de los pilares delanteros de los pórticos de entrada especial traseros, con medios manuales, con carga en camión de 10 t y transporte al vertedero.	0,92 m ³	48,91	45,00
5.1.9	Excavación de pozos para las zapatas de hormigón armado de los apoyos de los pilares traseros de los pórticos de entrada especial traseros, con medios manuales, con carga en camión de 10 t y transporte al vertedero.	1,28 m ³	48,91	62,60



DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL

DOCUMENTO PRESUPUESTO

Nº de orden	Concepto/Referencia	Cantidad	Precio Unitario	Total
5.1.10	Excavación de pozos para las zapatas de hormigón armado de los apoyos de los pilares de los pórticos centrales de la estructura metálica de la cubierta, con medios mecánicos (retroexcavadora), incluso ayuda manual para zonas de difícil acceso, con carga en camión de 10 t y transporte al vertedero.	775 m ³	14,97	11.601,75
5.1.11	Excavación de pozos para las zapatas de hormigón armado de los apoyos de los pilares de los pórticos extremos de la estructura metálica de la cubierta, con medios mecánicos (retroexcavadora), incluso ayuda manual para zonas de difícil acceso, con carga en camión de 10 t y transporte al vertedero.	55,06 m ³	14,97	824,25
TOTAL DEL CAPÍTULO 5.1. MOVIMIENTO DE TIERRAS				26.247,19



CAPÍTULO 5.2. CIMENTACIONES

Nº de orden	Concepto/Referencia	Cantidad	Precio Unitario	Total
5.2.1	Zapata rectangular para el apoyo de la viga inclinada del pórtico porta-gradas, de 160x235 cm y 95 cm de canto, de hormigón armado HA-25, con una cuantía de 264 kg de acero B 400 S, incluso puesta en obra y vibrado.	66 ud	825,65	54.492,90
5.2.2	Pilar de frenado para la viga inclinada del pórtico porta-gradas, de 125x30 cm y 50 cm de canto, de hormigón armado HA-25, con una cuantía de 41 kg de acero B 400 S, incluso montaje.	66 ud	115,43	7.618,38
5.2.3	Zapata cuadrada para el apoyo del pilar del pórtico porta-gradas, de 240x240 cm y 60 cm de canto, de hormigón armado HA-25, con una cuantía de 147 kg de acero B 400 S, incluso puesta en obra y vibrado.	66 ud	542,71	35.818,86
5.2.4	Zapata cuadrada para el apoyo de la viga inclinada del pórtico de entrada, de 145x145 cm y 30 cm de canto, de hormigón armado HA-25, con una cuantía de 39 kg de acero B 400 S, incluso puesta en obra y vibrado.	42 ud	110,50	4.641,00
5.2.5	Pilar de frenado para la viga inclinada del pórtico de entrada, de 25x25 cm y 50 cm de canto, de hormigón armado HA-25, con una cuantía de 8 kg de acero B 400 S, incluso montaje.	42 ud	24,40	1.024,80



DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL

DOCUMENTO PRESUPUESTO

Nº de orden	Concepto/Referencia	Cantidad	Precio Unitario	Total
5.2.6	Zapata cuadrada para el apoyo del pilar del pórtico de entrada, de 75x75 cm y 30 cm de canto, de hormigón armado HA-25, con una cuantía de 11 kg de acero B 400 S, incluso puesta en obra y vibrado.	42 ud	41,34	1.736,28
5.2.7	Zapata cuadrada para el apoyo de la viga inclinada del pórtico de entrada especial, de 165x165 cm y 70 cm de canto, de hormigón armado HA-25, con una cuantía de 82 kg de acero B 400 S, incluso puesta en obra y vibrado.	2 ud	364,78	729,56
5.2.8	Pilar de frenado para la viga inclinada del pórtico de entrada especial, de 25x25 cm y 50 cm de canto, de hormigón armado HA-25, con una cuantía de 9 kg de acero B 400 S, incluso montaje.	2 ud	26,23	52,46
5.2.9	Zapata cuadrada para el apoyo del pilar del pórtico de entrada especial, de 75x75 cm y 30 cm de canto, de hormigón armado HA-25, con una cuantía de 11 kg de acero B 400 S, incluso puesta en obra y vibrado.	2 ud	41,34	82,68
5.2.10	Zapata rectangular para el apoyo del pilar delantero del pórtico de entrada especial trasero, de 105x145 cm y 30 cm de canto, de hormigón armado HA-25, con una cuantía de 30,35 kg de acero B 400 S, incluso puesta en obra y vibrado.	2 ud	91,11	182,22



DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL

DOCUMENTO PRESUPUESTO

Nº de orden	Concepto/Referencia	Cantidad	Precio Unitario	Total
5.2.11	Zapata cuadrada para el apoyo del pilar trasero del pórtico de entrada especial trasero, de 135x135 cm y 35 cm de canto, de hormigón armado HA-25, con una cuantía de 22,65 kg de acero B 400 S, incluso puesta en obra y vibrado.	2 ud	115,48	230,96
5.2.12	Zapata rectangular para los apoyos de los pilares de los pórticos centrales de la cubierta metálica, de 500x620 cm y 125 cm de canto, de hormigón armado HA-25, con una cuantía de 1395,40 kg de acero B 400 S, incluso puesta en obra y vibrado.	20 ud	7.352,18	147.043,60
5.2.13	Zapata rectangular para los apoyos de los pilares de los pórticos extremos de la cubierta metálica, de 455x550 cm y 110 cm de canto, de hormigón armado HA-25, con una cuantía de 1979,20 kg de acero B 400 S, incluso puesta en obra y vibrado.	2 ud	7.486,96	14.973,92
TOTAL DEL CAPÍTULO 5.2. CIMENTACIONES				268.627,62



CAPÍTULO 5.3. ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL ESTADIO

Nº de orden	Concepto/Referencia	Cantidad	Precio Unitario	Total
5.3.1	Pilar de hormigón armado HA-25 del pórtico porta-gradas, con una cuantía de 231,91 kg de acero B 400 S, con sección de 40x40 cm y altura de 6,38 m, incluso montaje.	66 ud	670,25	44.236,50
5.3.2	Pilar de hormigón armado HA-25 del pórtico de entrada, con una cuantía de 16,38 kg de acero B 400 S, con sección de 25x25 cm y altura de 2,13 m, incluso montaje.	42 ud	71,61	3.007,62
5.3.3	Pilar de hormigón armado HA-25 del pórtico de entrada especial, con una cuantía de 27,31 kg de acero B 400 S, con sección de 25x25 cm y altura de 4,07 m, incluso montaje.	2 ud	132,70	265,40
5.3.4	Pilar delantero de hormigón armado HA-25 del pórtico de entrada especial trasero, con una cuantía de 22,51 kg de acero B 400 S, con sección de 25x25 cm y altura de 3,31 m, incluso montaje.	2 ud	105,92	211,84
5.3.5	Pilar trasero de hormigón armado HA-25 del pórtico de entrada especial trasero, con una cuantía de 58,02 kg de acero B 400 S, con sección de 35x35 cm y altura de 8,66 m, incluso montaje.	2 ud	356,16	712,32



DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL

DOCUMENTO PRESUPUESTO

Nº de orden	Concepto/Referencia	Cantidad	Precio Unitario	Total
5.3.6	Viga inclinada del pórtico portagradas, de 40 cm de ancho, 75 cm de canto y 17,92 m de longitud, realizada con hormigón HA-25, con una cuantía de 3639,09 kg de acero B 400 S, incluso instalación mediante grúa de 35 m de altura.	66 ud	8.151,01	537.966,66
5.3.7	Viga inclinada del pórtico de entrada, de 25 cm de ancho, 25 cm de canto y 4,59 m de longitud, realizada con hormigón HA-25, con una cuantía de 61,22 kg de acero B 400 S, incluso instalación mediante grúa de 35 m de altura.	42 ud	186,78	7.844,76
5.3.8	Viga inclinada del pórtico de entrada especial, de 25 cm de ancho, 35 cm de canto y 8,13 m de longitud, realizada con hormigón HA-25, con una cuantía de 341,62 kg de acero B 400 S, incluso instalación mediante grúa de 35 m de altura.	2 ud	811,74	1.623,48
5.3.9	Viga inclinada del pórtico de entrada especial trasero, de 25 cm de ancho, 85 cm de canto y 10,84 m de longitud, realizada con hormigón HA-25, con una cuantía de 655,78 kg de acero B 400 S, incluso instalación mediante grúa de 35 m de altura.	2 ud	770,03	1.540,06
TOTAL DEL CAPÍTULO 5.3. ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL ESTADIO				597.408,64



CAPÍTULO 5.4. GRADERÍOS Y ELEMENTOS DE PROTECCIÓN

Nº de orden	Concepto/Referencia	Cantidad	Precio Unitario	Total
5.4.1	Grada prefabricada autoportante Nortén PH modelo GN 80-50 con una longitud de 8 m, tabica de 50 cm, huella de 80 cm de ancho y un peso por m/l de 240 kg, incluso transporte y montaje con grúa de hasta 35 t.	174 ud	717,85	124.905,90
5.4.2	Grada prefabricada autoportante Nortén PH modelo GN 80-50 con una longitud de 7 m, tabica de 50 cm, huella de 80 cm de ancho y un peso por m/l de 240 kg, incluso transporte y montaje con grúa de hasta 35 t.	654 ud	628,12	410.790,48
5.4.3	Grada prefabricada autoportante Nortén PH modelo GN 80-50 con una longitud de 3 m, tabica de 50 cm, huella de 80 cm de ancho y un peso por m/l de 240 kg, incluso transporte y montaje con grúa de hasta 35 t.	32 ud	269,19	8.614,08
5.4.4	Grada prefabricada autoportante Nortén PH modelo GN 80-50 con una longitud de 2,5 m, tabica de 50 cm, huella de 80 cm de ancho y un peso por m/l de 240 kg, incluso transporte y montaje con grúa de hasta 35 t.	136 ud	224,33	30.508,88
5.4.5	Vigas prefabricadas curvas de distintos radios, incluso transporte y montaje con grúa de hasta 35 t.	158,89 ud	1.009,27	160.362,91



DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL

DOCUMENTO PRESUPUESTO

Nº de orden	Concepto/Referencia	Cantidad	Precio Unitario	Total
5.4.6	Placa de remate prefabricada autoportante Norton PH, con una longitud de 8 m, con un pasillo de 58,5 cm de ancho y un peso por m/l de 98,16 kg, incluso transporte y montaje con grúa de hasta 35 t.	10 ud	381,76	3.817,60
5.4.7	Placa de remate prefabricada autoportante Norton PH, con una longitud de 7 m, con un pasillo de 58,5 cm de ancho y un peso por m/l de 98,16 kg, incluso transporte y montaje con grúa de hasta 35 t.	38 ud	334,04	12.693,52
5.4.8	Placas de remate prefabricadas curvas de distintos radios, incluso transporte y montaje con grúa de hasta 35 t.	20 ud	341,20	6.824,00
5.4.9	Antepecho prefabricado autoportante Norton PH, con una longitud de 8 m y un peso por m/l de 564,43 kg, incluso transporte y montaje con grúa de hasta 35 t.	10 ud	2.195,18	21.951,80
5.4.10	Antepecho prefabricado autoportante Norton PH, con una longitud de 7 m y un peso por m/l de 564,43 kg, incluso transporte y montaje con grúa de hasta 35 t.	38 ud	1.920,78	72.989,64
5.4.11	Antepechos prefabricados curvos de distintos radios, incluso transporte y montaje con grúa de hasta 35 t.	20 ud	2.021,00	40.420,08
5.4.12	Peldaño doble prefabricado Norton PH, con huellas de 27 cm, contrahuellas de 16,5 cm, longitud de 120 cm, con un peso por unidad de 220 kg, incluso transporte y montaje con grúa de hasta 35 t.	554 ud	78,11	43.272,94



DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL

DOCUMENTO PRESUPUESTO

Nº de orden	Concepto/Referencia	Cantidad	Precio Unitario	Total
5.4.13	Barandilla perimetral para la rotulación de accesos, con pasamanos, barrotes cada 10 cm, de 90 cm de altura, fijada mecánicamente con taco de acero, arandela y tuerca.	57,84 m	81,15	4.693,72
5.4.14	Barandilla perimetral para la rotulación de accesos, con pasamanos, barrotes cada 10 cm, de 120 a 140 cm de altura, fijada mecánicamente con taco de acero, arandela y tuerca.	147,70 m	103,04	15.219,01
TOTAL DEL CAPÍTULO 5.4. GRADERÍOS Y ELEMENTOS DE PROTECCIÓN				957.064,56



CAPÍTULO 5.5. ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA CUBIERTA METÁLICA

Nº de orden	Concepto/Referencia	Cantidad	Precio Unitario	Total
5.5.1	Pilares de los pórticos centrales, de acero S 275 JR, formados por pieza simple, en perfiles laminados en caliente, serie HEB, trabajados en taller y con una capa de imprimación antioxidante, colocados con soldadura y tornillos.	58.616,40 kg	1,49	87.338,44
5.5.2	Dinteles de los pórticos centrales, de acero S 275 JR, formados por pieza simple, en perfiles laminados en caliente, serie HEB, trabajados en taller y con una capa de imprimación antioxidante, colocados con soldadura.	32.060,00 kg	1,93	61.875,80
5.5.3	Montantes y diagonales de los pórticos centrales, de acero S 275 JR, formados por pieza simple, en perfiles laminados en caliente, serie HEB, trabajados en taller y con una capa de imprimación antioxidante, colocados con soldadura y tornillos.	27.885,20 kg	1,46	40.712,39
5.5.4	Pilares de los pórticos extremos, de acero S 275 JR, formados por pieza simple, en perfiles laminados en caliente, serie HEB, trabajados en taller y con una capa de imprimación antioxidante, colocados con soldadura y tornillos.	3.051,86 kg	1,49	4.547,27



DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL

DOCUMENTO PRESUPUESTO

Nº de orden	Concepto/Referencia	Cantidad	Precio Unitario	Total
5.5.5	Dinteles de los pórticos extremos, de acero S 275 JR, formados por pieza simple, en perfiles laminados en caliente, serie HEB, trabajados en taller y con una capa de imprimación antioxidante, colocados con soldadura.	2.481,92 kg	1,93	4.790,11
5.5.6	Montantes y diagonales de los pórticos extremos, de acero S 275 JR, formados por pieza simple, en perfiles laminados en caliente, serie HEB, trabajados en taller y con una capa de imprimación antioxidante, colocados con soldadura y tornillos.	2.989,74 kg	1,46	4.365,02
5.5.7	Barras de arriostramiento del plano superior, de acero S 275 JR, formadas por pieza simple, en perfiles laminados en caliente, serie HEA, trabajadas en taller y con una capa de imprimación antioxidante, colocadas con soldadura y tornillos.	17.612,80 kg	1,46	25.714,69
5.5.8	Barras de arriostramiento del plano trasero, de acero S 275 JR, formadas por pieza simple, en perfiles laminados en caliente, serie HEA, trabajadas en taller y con una capa de imprimación antioxidante, colocadas con soldadura y tornillos.	8.065,90 kg	1,46	11.776,21
5.5.9	Correas del plano superior, de acero S 275 JR, formadas por pieza simple, en perfiles laminados en caliente, serie HEA, con una capa de imprimación antioxidante, colocadas con soldadura.	32.284,98 kg	1,97	63.601,41



DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE FÚTBOL

DOCUMENTO PRESUPUESTO

Nº de orden	Concepto/Referencia	Cantidad	Precio Unitario	Total
5.5.10	Correas del plano trasero, de acero S 275 JR, formadas por pieza simple, en perfiles laminados en caliente, serie HEA, con una capa de imprimación antioxidante, colocadas con soldadura.	2.482,50 kg	1,97	4.890,53
TOTAL DEL CAPÍTULO 5.5. ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA CUBIERTA METÁLICA				309.611,87



CAPÍTULO 5.6. MATERIAL DE CUBRICIÓN Y ELEMENTOS ESPECIALES PARA CUBIERTAS

Nº de orden	Concepto/Referencia	Cantidad	Precio Unitario	Total
5.6.1	Chapa de acero galvanizada de perfil nervado para la cubrición de la cubierta, con nervios cada 250 cm y de 46 cm de altura, espesor de 1,2 mm, colocada con fijaciones mecánicas.	1.850,10 m ²	21,44	39.666,14
5.6.2	Canalón exterior de sección semicircular de PVC rígido, de diámetro de 200 mm, colocado con piezas especiales y conectado al bajante.	105,02 m	29,54	3.102,29
5.6.3	Sumidero de PVC rígido de diámetro de 200 mm con tapa plana metálica, colocado con fijaciones mecánicas.	23,96 m	41,98	1.005,84
TOTAL DEL CAPÍTULO 5.6. MATERIAL DE CUBRICIÓN Y ELEMENTOS ESPECIALES PARA CUBIERTAS				43.774,27



CAPÍTULO 5.7. RESUMEN DE CAPÍTULO

Concepto	Total
TOTAL DEL CAPÍTULO 5.1. MOVIMIENTO DE TIERRAS	26.247,19
TOTAL DEL CAPÍTULO 5.2. CIMENTACIONES	268.627,62
TOTAL DEL CAPÍTULO 5.3. ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL ESTADIO	597.408,64
TOTAL DEL CAPÍTULO 5.4. GRADERÍOS Y ELEMENTOS DE PROTECCIÓN	957.064,56
TOTAL DEL CAPÍTULO 5.5. ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA CUBIERTA METÁLICA	309.611,87
TOTAL DEL CAPÍTULO 5.6. MATERIAL DE CUBRICIÓN Y ELEMENTOS ESPECIALES PARA CUBIERTAS	43.774,27
TOTAL	2.202.734,13



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL MECÁNICO

Título del proyecto:

DISEÑO Y CÁLCULO ESTRUCTURAL DE UN ESTADIO DE
FÚTBOL

DOCUMENTO BIBLIOGRAFÍA

Marcos Herrero Laborda

Francisco Javier Domínguez Equiza

Tudela, 24 de Abril de 2012



ÍNDICE

CAPÍTULO 6.1. LIBROS Y ARTÍCULOS DE REVISTAS.....	3
CAPÍTULO 6.2. RELACIÓN DE NORMAS Y REGLAMENTOS.....	4
CAPÍTULO 6.3. RELACIÓN DE CATÁLOGOS DE CASAS	
COMERCIALES	5



CAPÍTULO 6.1. LIBROS Y ARTÍCULOS DE REVISTAS

- CYPE 2010. Cálculo de estructuras metálicas con Nuevo Metal 3D. Antonio Manuel Reyes Rodríguez. Ed ANAYA MULTIMEDIA. 2010.
- CYPE 2010. Cálculo de estructuras de hormigón con CYPECAD. Antonio Manuel Reyes Rodríguez. Ed ANAYA MULTIMEDIA. 2010.
- Dibujo técnico. Basilio Ramos Barbero y Esteban García Maté. Ed AENOR. 2003.
- Arte de proyectar en arquitectura. Ernst Neufert. Ed Gustavo Gili, S.A.
- Estadios de Fútbol. Recomendaciones técnicas y requisitos. FIFA Federación Internacional de Fútbol Asociación. Ed FIFA.



CAPÍTULO 6.2. RELACIÓN DE NORMAS Y REGLAMENTOS

- CTE DB SE-AE. Código Técnico de la Edificación. Documento Básico. Seguridad Estructural. Acciones en la Edificación. Ministerio de Vivienda (a través de la Dirección General de Arquitectura y Política de Vivienda). Abril de 2009.
- CTE DB SE-C. Código Técnico de la Edificación. Documento Básico. Seguridad Estructural. Cimientos. Ministerio de Vivienda (a través de la Dirección General de Arquitectura y Política de Vivienda). Enero de 2008.
- CTE DB SE-A. Código Técnico de la Edificación. Documento Básico. Seguridad Estructural. Aceros. Ministerio de Vivienda (a través de la Dirección General de Arquitectura y Política de Vivienda). Enero de 2008.
- CTE DB SI. Código Técnico de la Edificación. Documento Básico. Seguridad en caso de incendio. Ministerio de Vivienda (a través de la Dirección General de Arquitectura y Política de Vivienda). Febrero de 2010.
- CTE DB-SUA. Código Técnico de la Edificación. Seguridad de Utilización y Accesibilidad. Ministerio de Vivienda (a través de la Dirección General de Arquitectura y Política de Vivienda). Febrero de 2010.
- CTE DB HS. Código Técnico de la Edificación. Documento Básico. Salubridad. Ministerio de Vivienda (a través de la Dirección General de Arquitectura y Política de Vivienda). 2009.
- EHE-08. Instrucción Española del Hormigón Estructural. Ministerio de Fomento (a través de la Secretaría General Técnica). Diciembre de 2008.



CAPÍTULO 6.3. RELACIÓN DE CATÁLOGOS DE CASAS COMERCIALES

- Catálogo graderíos para instalaciones deportivas. NORTEN PREFABRICADOS DE HORMIGÓN, S.L.
- Soluciones de cubiertas. ArcelorMittal Construcción España.